

**ANALISA PENGARUH BEBAN TIDAK SEIMBANG PADA  
PERFORMA JARINGAN DISTRIBUSI 20KV DI KABUPATEN ENDE  
– FLORES –NUSA TENGGARA TIMUR DENGAN MENGGUNAKAN  
*SOFTWARE* ETAP**



**SKRIPSI**

**Disusun Oleh :**

**DANIEL DEDY GUNTUR**

**NIM. 12.12.909**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2017**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**ANALISA PENGARUH BEBAN TIDAK SEIMBANG PADA  
PERFORMA JARINGAN DISTRIBUSI 20KV DI KABUPATEN ENDE –  
FLORES –NUSA TENGGARA TIMUR DENGAN MENGGUNAKAN  
SOFTWARE ETAP**

**SKRIPSI**

*Disusun dan diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan  
guna mencapai gelar Sarjana Teknik*

Disusun Oleh :

**DANIEL DEDY GUNTUR**

**NIM. 12.12.909**

Diperiksa dan Disetujui,

Dosen Pembimbing I

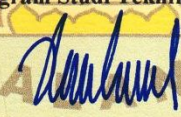
Dosen Pembimbing II

  
**Ir Teguh Herbasuki, MT.**  
**NIP.Y. 1018500108**

  
**Bambang Pri Hartono, ST, MT.**  
**NIP.Y. 1028400082**

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

  
**M. Ibrahim Ashari, ST, MT**  
**NIP.P. 1030100358**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2017**

**ANALISA PENGARUH BEBAN TIDAK SEIMBANG PADA PERFORMA  
JARINGAN DISTRIBUSI 20KV DI KABUPATEN ENDE – FLORES –NUSA  
TENGGERA TIMUR**

Daniel Dedy Guntur, NIM : 12.12.909

Dosen Pembimbing : Ir. Teguh Herbasuki, MT. Bambang Prio Hartono,ST,MT

Jurusan Teknik Listrik, Konsentrasi Teknik Energi Listrik

Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang

Jln. Raya Karanglo Km 2 Malang

E-mail : [DHEDOTDANIEL@YAHOO.CO.ID](mailto:DHEDOTDANIEL@YAHOO.CO.ID)

**ABSTRAK**

*Ketidakseimbangan beban pada suatu sistem distribusi tenaga listrik selalu terjadi dan penyebab ketidakseimbangan tersebut adalah pada beban-beban satu fasa pada pelanggan jaringan tegangan rendah. Akibat ketidakseimbangan beban tersebut muncullah arus di netral trafo. Arus yang mengalir di netral trafo ini menyebabkan terjadinya losses (rugi-rugi). yaitu losses akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo dan losses akibat arus netral yang mengalir ke tanah*

**Kata kunci:** ketidakseimbangan beban, losses.

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur Kehadiran Allah atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga kami selaku penyusun dapat menyelesaikan Laporan Skripsi ini yang berjudul **“ANALISA PENGARUH BEBAN TIDAK SEIMBANG PADA PERFORMA JARINGAN DISTRIBUSI 20KV DI KABUPATEN ENDE – FLORES –NUSA TENGGARA TIMUR DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE* ETAP”** dapat terselesaikan.

Adapun maksud dan tujuan dari penulisan laporan ini merupakan salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana Program Studi Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Energi Listrik ITN Malang.

Sebagai pihak penyusun penulis menyadari tanpa adanya kemauan dan usaha serta bantuan dari berbagai pihak, maka laporan ini tidak dapat diselesaikan dengan baik. Oleh sebab itu, penyusun mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Dr. Ir. LaluMulyadi, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Dr. F. Yudi Limpraptono, ST, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. M.Ibrahim Ashari,ST,MT selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Ir. Teguh Herbasuki, MT selaku Dosen Pembimbing satu Tugas Skripsi.
5. Bambang Prio Hartono, ST, MT selaku Dosen Pembimbing dua Tugas Skripsi.
6. Kedua orang tua, semua keluarga dan sahabat-sahabat yang tidak saya sebutkan satu-persatu, saya ucapkan banyak terima kasih.
7. PT. PLN (PERSERO) ENDE AREA FBB yang telah memberi akses untuk pengambilan data.

Penulis menyadari bahwa masih banyaknya kekurangan yang terdapat pada skripsi ini, oleh karena itu penulis berharap para pembaca dapat memberikan kritik dan saran yang membangun agar skripsi ini menjadi lebih sempurna, semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa pada khususnya dan pembaca.

Malang, Maret 2017

Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>viii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Penelitian .....	2
1.4. Batasan Masalah .....	2
1.5. Kontribusi (manfaat) .....	2
1.6. Sistematika Penulisan.....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1. Keseimbangan Beban (unbalance) Sistem Distribusi .....	4
2.2. <u>Perhitungan</u> Arus Beban Penuh.....	4
2.2.1. Transformator .....	4
2.2.2. Losses (rugi-rugi) Akibat Adanya Arus Netral pada Penghantar Netral Transformator.....	5
2.2.3. Ketidakseimbangan Beban .....	5
2.2.4. Formulasi Ketidakseimbangan.....	6
2.2.5. Penyaluran Dan Susut Daya.....	7
2.2.6. Analisis Ketidakseimbangan Beban Pada Trafo.....	9
2.3. Arus Netral .....	10
2.3.1. Arus Netral Karena Beban Tidak Seimbang.....	10
2.3.2. Penyaluran Dan Susut Daya Pada Keadaan Arus Seimbang.....	11

2.3.3. Penyaluran Dan Susut Daya Pada Keadaan	
Arus Tidak Seimbang.....	12
2.4. Faktor Daya.....	13
2.4.1. Load Flow Analysis.....	14
2.5. Menghitung Arus pada Tiga Fase Seimbang Wye ( Y ).....	14
2.5.1 Beban Resistif (R).....	15
2.5.2 Beban Induktif (L).....	17
2.5.3 Beban Kapasitif (C).....	17
2.6.1 Rangkaian Tiga Fasa Tidak Seimbang.....	17
2.7. Rangkaian Tiga Fase Tidak Seimbang Delta (A)	
Dengan Beban Resistif, Induktif, Beban Kapasitif.....	18
2.8. Tiga Fase Arus Delta dengan Beban Hambatan,	
Induksi atau Kapasitas.....	18
2.8.1. Rangkaian Tiga Fase Tidak Seimbang Delta (A)	
Hanya dengan Beban Hambatan.....	29
2.9. Sirkuit Wye Tiga Fase Tidak Seimbang.....	33
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>36</b>
3.1. Sistem Jaringan Distribusi di PT. PLN Ende Flore	
Bagian Barat .....	36
3.2. Tempat Penelitian .....	36
3.2.1. Data Beban, Panjang Saluran Dan Jumlah Trafo	
Penyulang Kota Ende.....	37
3.2.2. Metode Newton Rapon.....	37
3.3. Pengenalan ETAP ( <i>Electrical Transient Analysis Program</i> ).....	38
3.4. Simulasi Jaringan Distribusi Menggunakan ETAP.....	40
3.5. Memasukan Input Data Pada Gambar Single-Line.....	40
3.5.1. Memasukan Input Data Generator.....	40
3.5.2. Memasukan Input Data Trafo.....	41
3.5.3. Memasukan Input Data Saluran.....	42
3.5.4. Memasukan Input Daya Beban.....	43
3.6. Flowchart Hasil Simulasi Menggunakan Software Etap 12.6.0....	44

3.6.1. Flowchart Penyelesaian Masalah.....	44
<b>BAB IV HASIL DAN ANALISA HASIL .....</b>	<b>45</b>
4.1. Analisa Ketidakseimbangan Beban Sebelum Disetting.....	45
4.1.1. Analisa Beban Dan Rugi-rugi (Losses) Trafo Sebelum Disetting.....	45
4.2. Analisa Ketidakseimbangan Beban Pada Penyulang Arubara Sebelum Disetting.....	46
4.3. Analisa Ketidakseimbangan Beban Pada Penyulang Kota Sebelum Disetting.....	48
4.3.1. Data Analisa Beban Penyulang Kota Sebelum Disetting.....	48
4.4. Analisa Ketidakseimbangan Beban Penyulang Arubara, Penyulang Kota Dan Rugi-rugi (Losses) Aliran Daya Sebelum Settingan Belum Mencapai Standar Internasional 95-100,5 Pu...	50
4.5. Analisa Ketidakseimbangan Beban Pada Penyulang Arubara Sesudah Setting.....	51
4.5.1. Analisa Ketidakseimbangan Beban Dan Rugi-rugi (Losses) Trafo Dan Saluran Sesudah Diseting.....	51
4.6. Analisa Ketidakseimbangan Beban Pada Penyulang Kota Sesudah Diseting.....	53
4.6.1. Analisa Ketidakseimbangan Beban Dan Rugi (Losses) Trafo Dan Saluran Sesudah Diseting.....	53
4.7. Analisa Ketidakseimbangan Beban Penyulang Arubara, Penyulang Kota Dan Rugi – rugi (Losses) Aliran Daya Sesudah Settingan Belum Mencapai Standar Internasional 95-100,5.....	55
4.8. Rugi-rugi (Losses) Aliran Daya Penyulang Arubara, Penyulang Kota Sebelum Dan Sesudah Setting.....	56
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>57</b>
5.1. Kesimpulan .....	57
5.2. Saran .....	57

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>58</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1	Vektor Diagram Arus .....	6
Gambar 2.2	Trafo Tiang Distibusi .....	8
Gambar 2.3	Diagram Fasor Tegangan Saluran Daya Model Fasa Tunggal.....	11
Gambar 2.4	Fasor Umum Sirkuit Delta Tidak Seimbang.....	19
Gambar 2.5	Fasor yang menentukan $I_A$ .....	19
Gambar 2.6	Fasor yang Menentukan $I_B$ pada Sirkuit Delta Tidak Seimbang.....	21
Gambar 2.7	Fasor yang Menentukan $I_C$ .....	22
Gambar 2.8	Sirkuit Delta Tiga Fase Tidak Seimbang.....	29
Gambar 2.9	Fasor-fasor untuk Sirkuit Delta dengan Beban Resistif.....	30
Gambar 3.0	Fasor-fasor yang Menentukan $I_B$ pada Sirkuit Delta Resistif Tidak Seimbang.....	30
Gambar 3.1	Fasor untuk sirkuit wye tidak seimbang.....	31
Gambar 3.2	Single Line Sistem 20 KV Ende.....	36
Gambar 3.3	Tampilan Utama Pada Software ETAP.....	39
Gambar 3.4	Single Line Sistem 20KV Ende Menggunakan ETAP.....	40
Gambar 3.5	Input Data Generator.....	41
Gambar 3.6	Input Data Trafo.....	41
Gambar 3.7	Input Data Saluran.....	42
Gambar 3.8	Input Data Beban.....	43
Gambar 3.9	Flowchart Penyelesaian Masalah.....	44
Gambar 4.0	Analisa Ketidakseimbangan Beban Pada Penyulang Arubara Dan Kota.....	45
Gambar 4.1	Penyulang Arubara Sebelum Diseting.....	46
Gambar 4.2	Penyulang Kota Sebelum Diseting.....	42
Gambar 4.3	Analisa Ketidakseimbangan Beban Pada Penyulang Arubara Dan Kota Sebelum Mencapai Standar Pemakaian.....	50



Gambar 4.4	Penyulang Arubara Sesudah Diseting.....	51
Gambar 4.5	Penyulang Kota Sesudah Diseting.....	53
Gambar 4.6	Analisa Ketidakseimbangan Beban Pada Penyulang Arubara Dan Kota Sesudah Mencapai Standar Pemakaian.....	55

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.3.1.	Data Beban, Panjang Saluran Dan Jumlah Trafo Penyulang Kota Ende.....	37
Tabel 4.2.A.	Data Losses Hasil Simulasi Trafo Penyulang Arubara Sebelum Diseting.....	46
Tabel 4.2.B	Tabel Data Bus Hasil Simulasi Trafo Penyulang Arubara Sebelum Diseting.....	47
Tabel 4.3.A	Data Bus Hasil Analisa Ketidakseimbangan Beban Pada Penyulang Kota Sebelum Diseting.....	48
Tabel 4.3.B	Data Hasil Simulasi Rugi Trafo Dan Saluran Penyulang Kota Sebelum Seting.....	49
Tabel 4.4.A.	Data Hasil Simulasi Loadflow Sebelum Diseting Untuk Standar Pemakaian.....	50
Tabel 4.5.A.	Data Bus Hasil Analisa Ketidakseimbangan Beban Sesudah Diseting.....	51
Tabel 4.5.B.	Data Hasil Simulasi Rugi Trafo Dan Saluran Arubara Sesudah Diseting.....	52
Tabel 4.6.A.	Data Bus Hasil Analisa Ketidakseimbangan Beban Penyulang Kota Sesudah Diseting.....	52
Tabel 4.6.B.	Data Hasil Simulasi Rugi Trafo Dan Saluran Penyulang Kota Sesudah Diseting.....	54
Tabel 4.7.A.	Data Hasil Simulasi Load Flow Sesudah Diseting Sesudah Mencapai Standar.....	55
Tabel 4.8.A.	Rugi-rugi (Losses) Aliran Daya Penyulang Arubara, Penyulang Kota Sebelum Dan Sesudah Setingan.....	56

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Ketidakseimbangan beban pada suatu sistem distribusi tenaga listrik selalu terjadi dan seperti yang alami di PLN Ende dan penyebab ketidakseimbangan tersebut adalah ketidakseimbangan beban antara tiap-tiap fasa (fasa R, fasa S, dan fasa T), pada beban-beban satu fasa pada pengguna jaringan tegangan rendah. Akibat ketidakseimbangan beban tersebut munculah arus netral pada trafo. Arus netral yang mengalir di netral trafo ini menyebabkan terjadinya *losses* (rugi-rugi), yaitu *losses* akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo dan *losses* akibat arus netral yang mengalir ke tanah. Dengan adanya rugi-rugi tersebut maka efisiensi trafo akan semakin rendah. Ketidakseimbangan beban adalah hal yang menimbulkan *losses* secara teknis, yang akan merugikan PLN Ende. Agar tercapai penyuplaian listrik yang stabil dan kontinuitas kepada konsumen, maka hal tersebut harus dapat diatasi. (Julius Sentosa, 2008)

Dalam Penelitian ini, bertujuan untuk menganalisa *losses* (rugi-rugi) pada saat pembebanan tidak seimbang dan coba melakukan analisa untuk mengatasi ketidakseimbangan beban agar beban merata antar fasa dan meminimalkan *losses* (rugi-rugi) dengan metode Newton Repson . Untuk itu, skripsi ini akan membahas Analisa Pengaruh Beban Tidak Seimbang Pada Performa Jaringan Distribusi Jaringan Distribusi 20Kv Di Kabupaten Ende, Flores, Nusa Tenggara Timur Dengan Menggunakan Software ETAP karena pada saat ini performa jaringan di Kabupaten Ende, Flores, Nusa Tenggara Timur masih belum stabil.

## **1.2 Rumusan Masalah Sesuai dengan latarbelakang dapat dirumuskan masalah sebagaiberikut:**

Bagaimana Menganalisa pengaruh beban tidak seimbang pada performa jaringan distribusi 20 kv di PLN Ende, Flores, Nusa Tenggara Timur.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Menganalisa pengaruh beban tak seimbang pada performa jaringan distribusi 20 kv di PLN Ende, Flores, Nusa Tenggara Timur.

## **1.4 Batasan Masalah**

Supaya tidak terjadi penyimpangan antara maksud dan tujuan dalam penyusunan skripsi ini, maka penulis memberikan batasan masalah sebagai berikut :

1. Analisis dilakukan menggunakan *Software ETAP Power Station*.
2. Tidak membahas factor biaya.
3. Tidak membahas harmonisa arus dan aspek ekonomis.

## **1.5 Kontribusi ( manfaat )**

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui beban tidak seimbang pada jaringan distribusi disarankan untuk jaringan distribusi yang diteliti yaitu PLN Ende, Flores, Nusa Tenggara Timur

## **1.6 SistematikaPenulisan**

Penyusunan skripsi ini dilakukan dengan menggunakan metode studi literature yang dilakukan dengan pengolahan data dan tahapan simulasi.Sistematika penyusunan skripsi terbagi dalam 5 bab dengan pembahasan yang bersifat individu sehingga diharapkan untuk mudah dipahami. Sistematika penulissan tersebut antara lain :

## **BAB I : PENDAHULUAN**

Dalam Bab ini berisikan Latar Belakang,Rumusan Masalah,Tujuan,Batasan Masalah, dan Sistematika Penulisan yang digunakan dalam pembuatan tugas akhir ini

## **BAB II : LANDASAN TEORI**

Pada Bab ini dibahas tentang Pengertian distribusi dan teori-teori yang mendukung dalam simulasi Keandalan Sistem Distribusi di PLN Area Kabupaten Ende, Flores, Nusa Tenggara, Timur

## **BAB III : METOLOGI PENELITIAN DAN DATA PENYULANG DISTRIBUSI PLN AREA ENDE**

Bab ini berisikan Metologi penelitian, Single Line Diagram, Data Panjang Saluran Penyulang.

## **BAB IV : SIMULASI HASIL DAN EVALUASI**

Bab ini dibahas tentang **analisa pengaruh beban tidak seimbang pada performa jaringan distribusi 20 kv di Kabupaten Ende – Flores – Nusa Tenggara Timur dengan menggunakan *SOFTWARE* ETAP**

## **BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisikan kesimpulan – kesimpulan yang diperoleh dari simulasi serta saran – saran guna menyempurnakan dan mengembangkan sistem lebih lanjut.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Keseimbangan beban (unbalance) Sistem Distribusi**

Transformator merupakan suatu alat listrik yang mengubah tegangan listrik arus bolak-balik dari satu tingkat ke tingkat yang lain melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip-prinsip induksi elektromagnet. Transformator terdiri atas sebuah inti, yang terbuat dari besi berlapis dan dua buah kumparan, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Penggunaan transformator yang sederhana dan handal memungkinkan di pilihnya tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan serta merupakan salah satu sebab penting bahwa arus bolak-balik sangat banyak dipergunakan untuk pembangkitan dan penyaluran tenaga listrik. Prinsip kerja transformator adalah berdasarkan hukum Ampere dan hukum Faraday, yaitu: arus listrik dapat menimbulkan medan magnet dan sebaliknya magnet dapat menimbulkan arus listrik. Jika pada salah satu kumparan pada transformator diberi arus bolak-balik maka jumlah garis gaya magnet berubah-ubah. Akibatnya pada sisi primer terjadi induksi, sisi sekunder menerima garis gaya magnet dari sisi primer yang jumlahnya berubah-ubah pula. Maka di sisi sekunder juga timbul induksi, akibatnya antara dua ujung terdapat beda tegangan (Abdul Kadir, 1989)

#### **2.2 Perhitungan Arus Beban Penuh**

##### **2.2.1 Transformer**

Daya transformator bila ditinjau dari sisi tegangan tinggi (primer) dapat dirumuskan sebagai berikut (Julius Sentosa, 2008) :

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I$$

dimana:

$S$  = daya transformator (kVA)

$V$  = tegangan sisi primer transformator (kV)

$I$  = arus jala-jala (A)

Sehingga untuk menghitung arus beban penuh (full load) dapat menggunakan rumus :

$$IFL = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V}$$

dimana:

IFL = arus beban penuh (A)

S = daya transformator (kVA)

V = tegangan sisi sekunder transformator (kV)

### **2.2.2 Losses (rugi-rugi) Akibat Adanya Arus Netral pada Penghantar Netral Transformator.**

Sebagai akibat dari ketidakseimbangan bebanan tara tiap-tiap fasa pada sisi sekunder trafo (fasa R, fasa S, fasa T) mengalirlah arus di netral trafo. Arus yang mengalir pada penghantar netral trafo ini menyebabkan losses (rugi-rugi). Losses pada penghantar netral trafo ini dapat dirumuskan sebagai berikut (Julius Sentosa, 2008) :

$$= I_N^2 \cdot R_N \quad (3)$$

Dimana :

$P_N$  = losses pada penghantar netral trafo (watt)

$I_N$  = arus yang mengalir pada netral trafo (A)

$R_N$  = tahanan penghantar netral trafo ( $\Omega$ )

Sedangkan losses yang diakibatkan karena arus netral yang mengalir ke tanah (ground) dapat dihitung dengan perumusan sebagai berikut :

$$P_G = I_G^2 \cdot R_G \quad (4)$$

Dimana :

$P_G$  = losses akibat arus netral yang mengalir ke tanah (watt)

$I_G$  = arus netral yang mengalir ke tanah (A)

$R_G$  = tahanan pembumian netral trafo ( $\Omega$ )

### **2.2.3 Ketidak seimbangan Beban**

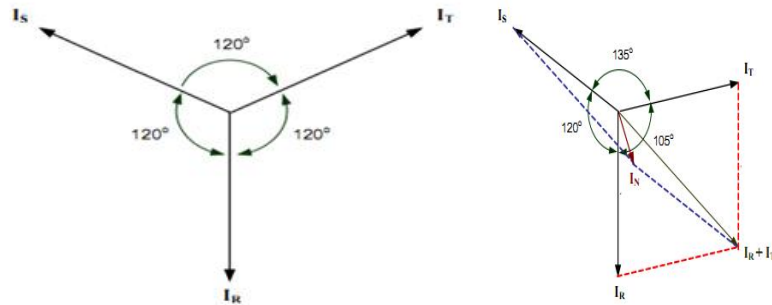
Yang dimaksud dengan keadaan seimbang adalah suatu keadaan di mana (J. D Glover, M. S Sarma, T.J Overbye, 2008). :

- Ketiga vektor arus / tegangan sama besar.

- Ketiga vektor saling membentuk sudut  $120^\circ$  satusama lain. Sedangkan yang dimaksud dengan keadaan tidak seimbang adalah keadaan di mana salah satu atau kedua syarat keadaan seimbang tidak terpenuhi.

Kemungkinan keadaan tidak seimbang ada 3 yaitu:

- Ketiga vektor sama besar tetapi tidak membentuk sudut  $120^\circ$  satu sama lain.
- Ketiga vektor tidak sama besar tetapi membentuk sudut  $120^\circ$  satu sama lain.
- Ketiga vektor tidak sama besar dan tidak membentuk sudut  $120^\circ$  satusama lain.



Gambar 2.1. Vektor Diagram Arus

Gambar (a) menunjukkan vektor diagram arus dalam keadaan seimbang. Di sini terlihat bahwa penjumlahan ketiga vektor arusnya ( $I_R$ ,  $I_S$ ,  $I_T$ ) adalah sama dengan nol sehingga tidak muncul arus netral ( $I_N$ ). Sedangkan pada Gambar 1(b) menunjukkan vektor diagram arus yang tidak seimbang. Di sini terlihat bahwa penjumlahan ketiga vektor arusnya ( $I_R$ ,  $I_S$ ,  $I_T$ ) tidak sama dengan nol sehingga muncul sebuah besaran yaitu arus netral ( $I_N$ ) yang besarnya bergantung dari seberapa besar faktor ketidakseimbangannya. (Julius Sentosa, 2008)

#### 2.2.4 Formulasi Ketidakseimbangan

Fenomena ketidakseimbangan menjadi lebih isu penting untuk sistem pendistribusian berbagai pelanggan dengan prioritas yang berbeda yang muncul, menuntut murah berkualitas tinggi listrik. Ada banyak kebingungan, namun, tentang arti tegangan jangka/short sewa unbalance, di mana standar yang berbeda memperkenalkan definisi konvensional, yang berbeda sebagai berikut (mendefinisikan fase-ke-netral tegangan oleh  $\{V_{an}, V_{bn}, V_{cn}\}$ , dan tegangan line-to-line oleh  $\{V_{ab}, V_{bc}, V_{ca}\}$ ). (M. Tavakoli Bina, A. Kashefi, 2010) :

IEEE Std. 936 (1987): Tahap tingkat ketidakseimbangan tegangan

$$IEEE_{v936} = \frac{\text{Maximum of } \{V_{an}, V_{bn}, V_{cn}\} - \text{Minimum of } \{V_{an}, V_{bn}, V_{cn}\}}{\text{Mean of } \{V_{an}, V_{bn}, V_{cn}\}} \times 100$$

IEEE Std. 112 (1991): fase Modified tingkat ketidakseimbangan tegangan (National *IEEE*.)

$$IEEE_{v112} = \frac{\text{Maximum deviation from mean of } \{V_{an}, V_{bn}, V_{cn}\}}{\text{Mean of } \{V_{an}, V_{bn}, V_{cn}\}} \times 100$$

NEMA listrik Produsen Asosiasi dari Amerika Serikat) Std. (1993)

$$MVD = \frac{\text{Maximum deviation from mean of } \{V_{ab}, V_{bc}, V_{ca}\}}{\text{Mean of } \{V_{ab}, V_{bc}, V_{ca}\}} \times 100$$

IEEE definisi benar (1996)

$$MVD = \frac{\text{urutan tegangan negatif}}{\text{urutan tegangan positif}} \times 100$$

### 2.2.5 Penyaluran dan Susut Daya

Misalnya daya sebesar P disalurkan melalui suatu saluran dengan penghantar netral. Apabila pada penyaluran daya ini arus-arus fasa dalam keadaan seimbang, maka besarnya daya dapat dinyatakan sebagai berikut (Sudaryatno Sudirham, 1991):

$$P = 3 \cdot [V] \cdot [I] \cdot \cos \phi \quad (5)$$

Dengan :

P = daya pada ujung kirim

V = tegangan pada ujung kirim

$\cos \phi$  = faktor daya

Daya yang sampai ujung terima akan lebih kecil dari P karena terjadi penyusutan dalam saluran. Jika [I] adalah besaran arus fasa dalam penyaluran daya sebesar P pada keadaan seimbang, maka pada penyaluran daya yang sama tetapi dengan keadaan tak seimbang besarnya arus-arus fasa A dapat dinyatakan dengan koefisien a, b dan c sebagai berikut :

$$[I_R] = a [I]$$

$$[I_S] = b [I]$$

$$[I_t] = c [I]$$



Dengan  $I_R$ ,  $I_S$  dan  $I_T$  berturut-turut adalah arus di fasa R, S dan T. dengan  $I_R$ ,  $I_S$  dan  $I_T$  berturut-turut adalah arus di fasa R, S dan T. Bila faktor daya di ketiga fasa dianggap sama walaupun besarnya arus berbeda, besarnya daya yang disalurkan dapat dinyatakan sebagai :

$$P = (a + b + c) \cdot [V] \cdot [I] \cdot \cos \phi \quad (7)$$

Apabila persamaan (7) dan persamaan (5) menyatakan daya yang besarnya sama, maka dari kedua persamaan itu dapat diperoleh persyaratan untuk koefisien a, b, dan c yaitu :  $a + b + c = 3$  (8) dimana pada keadaan seimbang, nilai  $a = b = c = 1$

Pengumpulan Data:



Gambar 2.2. trafo tiang distribusi 200kVA

Daya : 200kVA

Tegangan : 21/20,5/20/19,5/19 kV //400 V

Arus : 6,8 – 359 A

Hubungan : Dyn5

Impedensi : 4%

Trafo : 1 x 3 phasa

### 2.2.6 Analisis Ketidakseimbangan Beban pada Trafo

Dengan menggunakan persamaan, koefisien  $a$ ,  $b$ , dan  $c$  dapat diketahui besarnya, dimana besarnya arus fasa dalam keadaan seimbang ( $I$ ) sama dengan besarnya arus rata-rata ( $I_{rata}$ ). (Julius Sentosa, 2008)

$$I_R = a \cdot I \text{ maka : } a = \frac{I_R}{I}$$

$$I_S = b \cdot I \text{ maka : } b = \frac{I_S}{I}$$

$$I_T = c \cdot I \text{ maka : } c = \frac{I_T}{I}$$

Pada keadaan seimbang, besarnya koefisien  $a$ ,  $b$  dan  $c$  adalah 1. Dengan demikian, rata-rata ketidakseimbangan beban (dalam %) adalah :

$$= \frac{(|a-1| + |b-1| + |c-1|)}{3} \times 100$$

Dari persamaan losses akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo dapat dihitung besarnya, yaitu:

$$P_N = I_N^2 \cdot R_N$$

dimana daya aktif trafo ( $P$ ) :

$$P = S \cdot \cos \phi$$

Sehingga, persentase losses akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo adalah :

$$\% P_N = \frac{P_N}{P} \times 100$$

Losses akibat arus netral yang mengalir ke tanah dapat dihitung besarnya dengan menggunakan persamaan (4), yaitu :

$$P_G = I_G^2 \cdot R_G =$$

Dengan demikian persentase losses-nya adalah :

$$\% P_G = \frac{P_G}{P} \times 100 \%$$

### 2.3. Arus Netral

Arus netral dalam sistem distribusi tenaga listrik dikenal sebagai arus yang mengalir pada kawat netral di sistem distribusi tegangan rendah tiga fasa empat kawat. Arus netral ini muncul jika (Sudaryatno Sudirham, 1991):

- a. Kondisi beban tidak seimbang
- b. Karena adanya arus harmonisa akibat beban non-linear.

Arus yang mengalir pada kawat netral yang merupakan arus bolak-balik untuk sistem distribusi tiga fasa empat kawat adalah penjumlahan vektor dari ketiga arus fasa dalam komponen simetris.

#### 2.3.1 Arus Netral Karena Beban Tidak Seimbang

Untuk arus tiga fasa dari suatu sistem yang tidak seimbang dapat juga diselesaikan dengan menggunakan metode komponen simetris. Dengan menggunakan notasi notasi yang sama seperti pada tegangan akan didapatkan persamaan-persamaan untuk arus-arus fasanya sebagai berikut (Julius Sentosa,2008):

$$I_a = I_1 + I_2 + I_0 \dots\dots\dots$$

$$I_b = a^2 I_1 + a I_2 + I_0 \dots\dots\dots$$

$$I_c = a I_1 + a^2 I_2 + I_0 \dots\dots\dots$$

Dengan tiga langkah yang telah dijabarkan dalam menentukan tegangan urutan positif, urutan negative, dan urutan nol terdahulu, maka arus-arus urutan juga dapat ditentukan dengan cara yang sama, sehingga kita dapatkan juga :

$$I_1 = 1/3 (I_a + a I_b + a^2 I_c) \dots\dots\dots$$

$$I_2 = 1/3 (I_a + a^2 I_b + a I_c) \dots\dots\dots$$

$$I_0 = 1/3 (I_a + I_b + I_c) \dots\dots\dots$$

Di sini terlihat bahwa arus urutan nol ( $I_0$ ) adalah merupakan sepertiga dari arus netral atau sebaliknya akan menjadi nol jika dalam sistem tiga fasa empat kawat. Dalam

sistem tiga fasa empat kawat ini jumlah arus saluran sama dengan arus netral yang kembali lewat kawat netral, menjadi :

$$I_N = I_a + I_b + I_c \dots\dots\dots$$

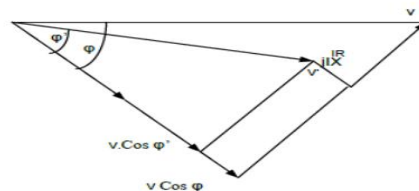
Dalam sistem tiga fasa empat kawat ini jumlah arus dalam saluran sama dengan arus netral yang kembali lewat kawat netral. Jika arus-arus fasanya seimbang maka arus netralnya akan bernilai nol, tapi jika arus-arus fasanya tidak seimbang, maka akan ada arus yang mengalir di kawat netral sistem (arus netral akan mempunyai nilai dalam arti tidak nol)(Julius Sentosa,2008)

### 2.3.2 Penyaluran dan Susut Daya pada Keadaan Arus Seimbang

Misalkan daya sebesar P disalurkan melalui suatu saluran dengan penghantar netral. Apabila pada penyaluran daya ini arus-arus fasa dalam keadaan seimbang, maka besarnya daya dapat dinyatakan sebagai berikut. (Sudaryatno Sudirham, 1991):

$$P = 3 [V] [I] \cos \varphi \dots\dots\dots$$

Daya yang sampai ujung terima akan lebih kecil dari P karena terjadi penyusutan dalam saluran. Penyusutan daya ini dapat diterangkan dengan menggunakan diagram fasor tegangan saluran model fasa tunggal seperti pada Gambar di bawah ini :



Gambar 2.3 Diagram Fasor Tegangan Saluran Daya Model Fasa Tunggal

Model ini dibuat dengan asumsi arus pemusatan kapasitif pada saluran cukup kecil sehingga dapat diabaikan. Dengan demikian besarnya arus ujung kirim sama dengan arus di ujung terima. Apabila tegangan dan faktor faktor daya pada ujung terima berturut-turut adalah  $V'$  dan  $\varphi'$ , maka besarnya daya pada ujung terima adalah :

$$P' = 3 [V'] [I] \cos \phi' \dots\dots\dots$$

Selisih antara P pada persamaan (2.10) dan P' pada persamaan memberikan susut daya saluran, yaitu :

$$\begin{aligned} P_l &= P - P' \dots\dots\dots \\ &= 3 [V] [I] \cos \phi - 3 [V'] [I] \cos \phi' \dots\dots\dots \\ &= 3 [I] \{ [V] \cos \phi - [V'] \cos \phi' \} \dots\dots\dots \end{aligned}$$

Sementara itu dari Gambar 2.3 memperlihatkan bahawa :

$$\{ [V] \cos \phi - [V'] \cos \phi' \} = [I] R \dots\dots\dots$$

Dengan R adalah tahanan kawat penghantar tiap fasa, oleh karena itu persamaan (2.15) berubah menjadi

$$P_l = 3 [I^2] R \dots\dots\dots$$

### 2.3.3 Penyaluran dan Susut Daya pada Keadaan Arus Tidak Seimbang

Jika [I] adalah besaran arus fasa dalam penyaluran daya sebesar P pada keadaan seimbang, maka pada penyaluran daya yang sama tetapi tidak seimbang besarnya arus-arus fasa dapat dinyatakan dengan koefisien a, b, dan c adalah sebagai berikut (Sudaryatno Sudirham, 1991):

$$\begin{aligned} I_N &= I_R + I_S + I_T \dots\dots\dots \\ &= [I] \{ a + b \cos (-120) + j.b.\sin (-120) + c.\cos (-120) + j.c.\sin (120) \} \dots\dots \\ &= [I] \{ a - (b + c) / 2 + j. (c - b) \sqrt{3} / 2 \} \dots\dots\dots \end{aligned}$$

Dengan IR, IS, dan IT berturut adalah arus fasa R, S dan T. Telah disebutkan di atas bahwa faktor daya ketiga fasa dianggap sama walaupun besarnya arus berbeda-beda. Dengan anggapan seperti ini besarnya daya yang disalurkan dapat dinyatakan sebagai:

$$P = (a+b+c) [V] [I] \cos \phi \dots\dots\dots$$

Apabila persamaan (2.19) dan persamaan (2.20) menyatakan daya yang besarnya sama, maka dari kedua persamaan tersebut dapat diperoleh persyaratan koefisien a,b dan c adalah:

$$a + b + c = 3 \dots\dots\dots$$

Dengan anggapan yang sama, arus yang mengalir di penghantar netral dapat dinyatakan sebagai :

$$\begin{aligned} I_N &= I_R + I_S + I_T \dots\dots\dots \\ &= [I] \{ a + b \cos (-120) + j.b.\sin (-120) + c.\cos (-120) + j.c.\sin (120) \dots\dots \\ &= [I] \{ a - (b + c) / 2 + j. (c - b) \sqrt{3} / 2 \} \dots\dots\dots \end{aligned}$$

Susut daya saluran adalah jumlah sudut pada penghantar fasa dan penghantara netral adalah :

$$\begin{aligned} I_N &= I_R + I_S + I_T \dots\dots\dots \\ &= [I] \{ a + b \cos (-120) + j.b.\sin (-120) + c.\cos (-120) + j.c.\sin (120) \dots\dots \\ &= [I] \{ a - (b + c) / 2 + j. (c - b) \sqrt{3} / 2 \} \dots\dots\dots \end{aligned}$$

Apabila persamaan (2.25) disubstitusikan ke persamaan (2.26) maka akan diperoleh :

$$\begin{aligned} Pl' &= \{ [I_R^2] + [I_S^2] + [I_T^2] \} . R + [I_N^2] . R_N \dots\dots\dots \\ &= (a^2 + b^2 + c^2) [I]^2 R + (a^2 + b^2 + c^2 - ab - ac - bc) [I_N]^2 . R_N \dots\dots \end{aligned}$$

Persamaan (2.27) ini adalah persamaan susut daya saluran untuk saluran dengan penghantar netral. Apabila tidak ada penghantar netral maka kedua ruas kanan akan hilang sehingga susut daya akan menjadi :

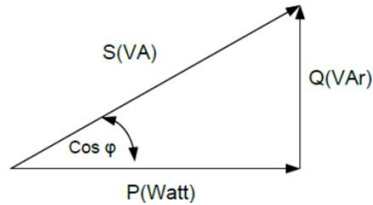
$$Pl' = \{ 9-2(ab+ac+bc) [I]^2 R + (9-3 (ab + ac + bc) \} [I_N^2] . R_N \dots\dots\dots$$

## 2.4 Faktor Daya

Pengertian faktor daya ( $\cos \phi$ ) adalah perbandingan antara daya aktif (P) dan daya semu (S). Dari pengertian tersebut, faktor daya tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut :

Faktor daya

$$\begin{aligned} &= (\text{Daya Aktif} / \text{Daya Semu}) \\ &= ( P / S) \\ &= ( V.I.\cos \phi / V.I) \\ &= \cos \phi \end{aligned}$$



Daya Semu =  $V \cdot I$  (VA) .....

Daya Aktif =  $V \cdot I \cdot \cos \phi$  (Watt) .....

Daya Reaktif =  $V \cdot I \cdot \sin \phi$  (VAr) .....

### 2.4.1 Load Flow Analysis

Dalam melayani beban yang dibutuhkan oleh konsumen dan pengoperasian tenaga listrik perlu dilakukan penganalisaan aliran daya, sehingga sistem yang dioperasikan dapat memenuhi persyaratan teknik yang sudah ditetapkan sebelumnya. Dalam analisa aliran daya dilakukan perhitungan terhadap tegangan, arus, daya aktif dan daya reaktif, yang terdapat dalam berbagai titik jaringan

Tujuan dari analisa aliran daya adalah sebagai berikut :

1. Mencari daya reaktif dan sudut fasa tegangan  $\delta$  dari generator.
2. Untuk mendapatkan nilai daya aktif dan daya reaktif pada bus.
3. Untuk mengetahui apakah semua peralatan pada sistem memenuhi batas – batas yang telah ditetapkan untuk operasi penyaluran daya.
4. Untuk mengetahui kondisi awal pada sistem.
5. Untuk mengetahui daya yang mengalir di setiap saluran jaringan tenaga listrik.
6. Untuk mengetahui nilai profil tegangan pada setiap bus.

### 2.5 Menghitung Arus pada Tiga Fase Seimbang Wye ( Y )

Dijelaskan sebelumnya bahwa dalam sirkuit delta, fase tegangan sama besarnya dengan saluran tegangan tetapi arus fase mempunyai besaran dan kecepatan atau kelambatan yang berbeda dengan saluran arus. Dalam beberapa hal, sirkuit wye adalah kebalikan dari sirkuit delta. Pada sirkuit wye fase tegangan mempunyai besaran dan kecepatan atau kelambatan yang berbeda dengan saluran tegangan, tetapi arus fase besarnya sama dengan saluran arus. Ketiga sirkuit fase wye yang khas ditunjukkan pada

Gambar 15. Pada gambar 15, rangkaian tegangan dinyatakan dengan  $V_{ab} - V_{bc} - V_{ca}$  seperti halnya untuk sirkuit delta pada Gambar 14. Masing-masing saluran tegangan pada Gambar 14 adalah  $120^\circ$  selain fase yang berdekatan seperti yang digambarkan pada Gambar 16 untuk sirkuit delta yang diperkirakan. Pada gambar 14, saluran arus dalam konduktor 'A' adalah  $I_A$ . Saluran arus dalam konduktor 'B' adalah  $I_B$ , dan saluran arus dalam konduktor 'C' adalah  $I_C$ . Pada sirkuit wye, ada poin keempat, yaitu Poin 'd' pada Gambar 15. Pada keempat kawat sirkuit wye, poin d akan dihubungkan ke tanah. Keempat kawat atau tanah diperlukan jika diantisipasi bahwa tiga fase mungkin tidak seimbang. Namun, semua sirkuit wye tidak memiliki atau memerlukan kawat netral. Sebagai contoh, wye yang dihubungkan dengan motor induksi tidak akan memiliki kawat yang netral karena arus di semua ketiga fase akan hampir sama. Pada Gambar 15, arus pada fase 'ad' adalah  $I_{ad}$ . Arus pada fase 'bd' adalah  $I_{bd}$ , dan arus pada fase 'cd' adalah  $I_{cd}$ . Jika poin 'd' dihubungkan ke tanah dengan Konduktor D, arus dalam Konduktor D akan nol pada sirkuit wye yang seimbang. Untuk tiga fase sirkuit wye seimbang, fase tegangan dihubungkan dengan saluran tegangan dengan persamaan,

$$V_L = (\sqrt{3}) V_p \dots$$

Dimana,

$V_L$  = saluran tegangan, dan

$V_p$  = fase tegangan

Diagram phasor yang khas untuk sirkuit wye seimbang ditunjukkan pada Gambar 29 (Referensi 2). Hal ini mungkin terlihat bahwa tegangan  $V_{db}$  mendahului  $V_{ab}$  dengan  $30^\circ$ . Tegangan  $V_{da}$  mendahului tegangan  $V_{ca}$  dengan  $30^\circ$  dan tegangan  $V_{dc}$  mendahului tegangan  $V_{bc}$  dengan  $30^\circ$ . Hal ini juga terlihat jelas bahwa untuk sirkuit wye apapun, seimbang atau tidak seimbang,  $\theta_p = \theta_L - 30^\circ$ , seperti yang dijelaskan sebelumnya agar dapat digunakan pada sirkuit delta seimbang.

### 2.5.1 Beban Resistif (R)

Beban hambatan pada sirkuit fase tunggal perlu sejalan dengan tegangan yang digunakan. Jika semua ketiga fase dari sirkuit fase tiga memiliki beban hambatan besaran yang sama, arus fase akan sejalan dengan fase tegangan masing-masing seperti yang



ditunjukkan pada Gambar 30. Arus fase besarannya sama dengan saluran arus tetapi pada sudut  $30^\circ$ , pada saluran arus.

### Contoh 10

Masalah: Seandainya beban wye pada Gambar 15 masing-masing ketiga beban adalah pemanas dengan daya 5kW (seperti pada Contoh 5) dan saluran tegangan adalah 480 VAC (juga seperti pada Contoh 5). Temukan saluran arus dan arus fase.

Penyelesaian:

Phasor yang dapat digunakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 30.

Misalkan,

arus fase a-d =  $I_{ad}$  (rms amp)

arus fase b-d =  $I_{bd}$  (rms amp)

arus fase c-d =  $I_{cd}$  (rms amp)

fase daya a-d =  $P_{ad}$

fase daya b-d =  $P_{bd}$

fase daya c-d =  $P_{cd}$

saluran arus pada Konduktor A =  $I_A$  (rms)

saluran arus pada Konduktor B =  $I_B$  (rms)

saluran arus pada Konduktor C =  $I_C$  (rms)

Dari Persamaan 8,  $V_{ad} = V_{bd} = V_{cd} = 1/(\sqrt{3})(480) = 277.13$  volt.

Untuk masing-masing fase,  $P = VI$

$I_p = P/V = 5000/277.13 = 18.04$  ampere

Arus fase sejalan dengan fase tegangan. Sehingga,

$\theta_p = 0$

$\cos \theta_p = 1.0$

Periksa!

Dari Persamaan 6,

$P = (\sqrt{3}) V_L I_L \cos \theta_p$

Arus fase sama dengan saluran arus

Daya total dari semua ketiga fase adalah:

$$P = (\sqrt{3}) (480) (18.04) (1.0) = 15,000 \text{ watt}$$

Periksa!

$$\theta_L = \theta_P + 30^\circ = 0 + 30^\circ = 30^\circ$$

Secara singkat,

$I_P = 18.04 \text{ A@ } 0^\circ$  ke fase tegangan, dan

$I_L = 18.04 \text{ A@ } 30^\circ$  ke saluran tegangan (mendahului)

### 2.5.2 Beban Induktif (L)

Dengan beban induksi, arus fase memperlambat fase tegangan dengan sudut  $\theta_P$  yang akan berada diantara  $0^\circ$  dan  $-90^\circ$ . Jika arus fase tertinggal kurang dari  $30^\circ$ , arus fase mendahului saluran tegangan. Di sisi lain, jika arus fase meninggalkan fase tegangan lebih dari  $30^\circ$ , arus fase juga akan memperlambat saluran tegangan.

### 2.5.3 Beban Kapasitif (C)

Untuk beban kapasitas, arus fase mendahului fase tegangan dengan sudut  $\theta_P$  yang akan berada diantara  $0^\circ$  dan  $+90^\circ$ . Arus dalam sirkuit kapasitas selalu mendahului saluran tegangan.

### 2.6.1 Rangkaian Tiga Fasa Tidak Seimbang

Ketika seseorang memahami sirkuit tiga fase seimbang dan penggunaan diagram phasor untuk menggambarkan tegangan dan arus di dalam sirkuit tersebut, hal ini merupakan peralihan yang mudah menuju bidang sirkuit tiga fase tidak seimbang. Seperti dengan sirkuit tegangan, diagram phasor dapat digunakan untuk menyajikan gambar yang jelas mengenai tegangan dan arus yang terlibat. Dibawah, sirkuit delta dipertimbangkan terlebih dahulu. Sirkuit wye dipertimbangkan setelah sirkuit delta. Karena jumlah yang sangat besar dari kombinasi yang memungkinkan pada beban dan sudut fase, semua kombinasi ini tidak dapat diperlakukan sendiri-sendiri. Kelihatannya, metode untuk menghitung saluran arus telah dijelaskan. Dengan metodologi tersebut, maka seseorang siap menghitung arus dengan segala kemungkinan pada kombinasi khusus sirkuit delta dan wye tidak seimbang.

Menurut definisi, sirkuit tidak seimbang setidaknya-tidaknya memiliki satu arus fase yang tidak sama dengan arus fase lainnya. Tentu saja, semua ketiga arus fase dapat memiliki besaran yang tidak sama. Pada umumnya, saluran tegangan dianggap memiliki besaran yang sama, terpisah dengan rotasi  $120^\circ$  dan dalam urutan A-B, B-C, C-A. Pada sirkuit wye, semua ketiga tegangan fase dianggap sama dan terpisah dengan rotasi  $120^\circ$ .

## **2.7 Rangkaian Tiga Fase Tidak Seimbang Delta (A) Dengan Beban Resistif, Induktif, Beban Kapasitif.**

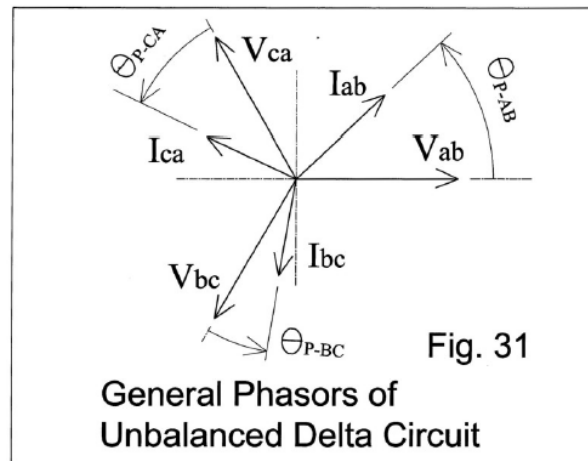
Ketika semua ketiga beban sirkuit delta bersifat menghambat, fase arus semua sejalan dengan saluran tegangan. Dan juga, faktor daya dari semua ketiga fase adalah kesatuan ( $PF = 1.0$ ) dan sudut kecepatan/kelambatan dalam fase semuanya adalah nol ( $\theta_p = 0$ ). Seperti yang dijelaskan sebelumnya, pada sirkuit delta hambatan seimbang, saluran arus semuanya mendahului saluran tegangan dengan  $30^\circ$ . Jika beban bersifat menghambat dan tidak seimbang, saluran arus dapat berada pada sudut yang bervariasi pada saluran tegangan. Hal yang hampir sama mungkin bisa dikatakan bahwa sirkuit fase mengandung campuran sirkuit delta dan wye dengan arus yang terdepan/tertinggal.

## **2.8 Tiga Fase Arus Delta dengan Beban Hambatan, Induksi atau Kapasitas.**

Seperti tiga fase sirkuit seimbang, diagram fasor dapat digunakan untuk menentukan saluran arus pada tiga sirkuit tidak seimbang. Penentuan saluran arus perlu dilakukan, jika arus dalam konduktor sirkuit penyulang umum harus dihitung.

Pandangan umum sirkuit delta akan menganggap bahwa arus di masing-masing fase berada pada sudut  $\theta_p$ , untuk fase tegangan (jika seandainya sirkuit delta juga saluran tegangan). Dengan kata lain, jika arus pada sebuah fase sejalan dengan fase tegangan (seperti yang mungkin terjadi pada beban hambatan), maka  $\theta_p = 0$ . Jika beban adalah kapasitif,  $\theta_p > 0$  dan arus dinyatakan “terdepan” dan faktor daya “negatif”. Jika beban adalah induktif,  $\theta_p < 0$  dan arus dinyatakan “tertinggal” dan faktor daya adalah “positif”. Sirkuit delta yang khas digambarkan pada Gambar 14 dan ringkasan umum fase tegangan dan fase arus digambarkan pada Gambar 2.4. Diatas ditunjukkan bagaimana saluran arus ditentukan. Sebagai contoh, fasor saluran arus  $I_A$  ditentukan dengan menambahkan fasor untuk  $I_{ca}$  dan fasor negatif  $I_{ab}$ , yaitu  $I_{ba}$ . Prosedur untuk menambahkan vektor yang menentukan  $I_A$

digambarkan dibawah ini. Untuk tujuan analisa, dianggap bahwa tidak adanya dua arus perlu memiliki besaran yang sama atau perlu pada sudut terdepan dan sudut tertinggal.



Gambar 2.4 : Fasor Umum Sirkuit Delta Tidak Seimbang

Untuk mengembangkan hubungan pada saluran arus,  $I_A$ , misalnya,

$X_{ab}$  = komponen absis vektor  $I_{ab}$

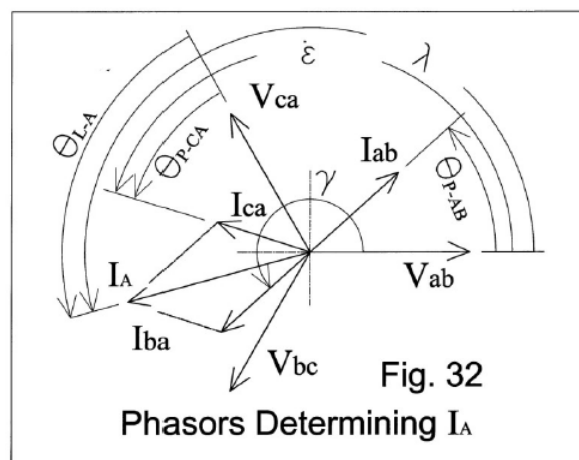
$X_{ca}$  = komponen absis vektor  $I_{ca}$

$X_A$  = komponen absis vektor  $I_A$

$Y_{ab}$  = komponen ordinat vektor  $I_{ab}$

$Y_{ca}$  = komponen ordinat vektor  $I_{ca}$

$Y_A$  = komponen ordinat vektor  $I_A$ . Arus  $I_A$  ditentukan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 : Fasor yang menentukan  $I_A$

In Fig. 32,

$$X_{ba} = I_{ba} \cos \gamma$$

$$\gamma = 180^\circ + \theta_{P-AB}$$

$$\cos \gamma = -\cos \theta_{P-AB}$$

$$X_{ba} = I_{ba} (-\cos \theta_{P-AB})$$

$$X_{ba} = -I_{ba} \cos \theta_{P-AB}$$

$$Y_{ba} = I_{ba} \sin \gamma$$

$$\sin \gamma = -\sin \theta_{P-AB}$$

$$Y_{ba} = -I_{ba} \sin \theta_{P-AB}$$

$$X_{ca} = I_{ca} \cos \varepsilon$$

$$\varepsilon = 120^\circ + \theta_{P-CA}$$

$$\cos \varepsilon = \cos (120^\circ + \theta_{P-CA})$$

$$= \cos 120^\circ \cos \theta_{P-CA} - \sin 120^\circ \sin \theta_{P-CA}$$

$$\cos 120^\circ = -1/2$$

$$\sin 120^\circ = (\sqrt{3}/2)$$

$$X_{ca} = I_{ca} [(-1/2) (\cos \theta_{P-CA}) - (\sin \theta_{P-CA})]$$

$$X_{ca} = -I_{ca}(1/2) [(\sin \theta_{P-CA} + \cos \theta_{P-CA})]$$

$$Y_{ca} = I_{ca} \sin \varepsilon$$

$$\sin \varepsilon = \sin (120^\circ + \theta_{P-CA}) = [(\cos \theta_{P-CA}) + (\sqrt{3}/2) \sin \theta_{P-CA}]$$

$$Y_{ca} = I_{ca} (1/2) [(\sqrt{3}) \cos \theta_{P-CA} - \sin \theta_{P-CA}]$$

$$X_A = X_{ba} + X_{ca}$$

$$Y_A = Y_{ba} + Y_{ca}$$

$$I_A = \{(X_A)^2 + (Y_A)^2\}^{1/2}$$

$$\lambda = \sin^{-1} (Y_A \div I_A)$$

$$\theta_{L-A} = (\lambda - 120^\circ)$$

Fasor yang menentukan  $I_A$

Untuk mengembangkan hubungan saluran arus  $I_B$ , misalnya,

$$X_{AB} = \text{komponen absis vektor } I_{ab}$$

$$X_{cb} = \text{komponen absis vektor } I_{cb}$$

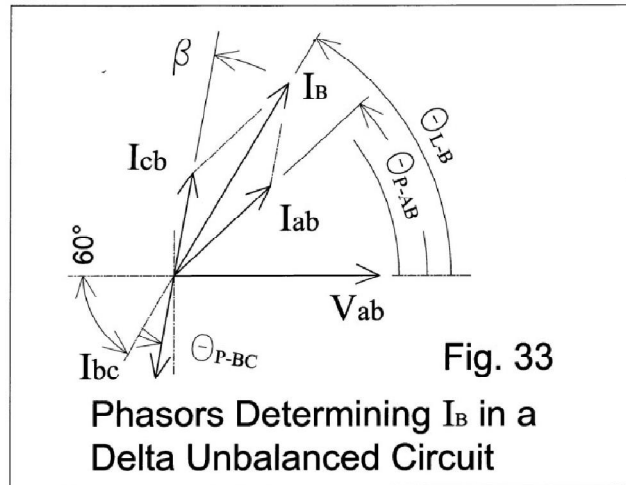
$$X_B = \text{komponen absis vektor } I_B$$

$Y_{ab}$  = komponen ordinat vektor  $I_{ab}$

$Y_{cb}$  = komponen ordinat vektor  $I_{cb}$

$Y_B$  = komponen ordinat vektor  $I_B$

Arus  $I_B$  ditentukan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6: Fasor yang Menentukan  $I_B$  pada Sirkuit Delta Tidak Seimbang

Berkenaan dengan Gambar 2.4 dan Gambar 2.6, mungkin bisa dicatat bahwa,

$$X_{ab} = I_{ab} \cos \theta_{P-AB}$$

$$Y_{ab} = I_{ab} \sin \omega$$

$$Y_{ab} = I_{ab} \sin \theta_{P-AB}$$

$$X_{cb} = I_{cb} \cos \beta$$

$$\beta = 60^\circ + \theta_{P-BC}$$

$$X_{cb} = I_{cb} \cos (60^\circ + \theta_{P-BC})$$

$$X_{cb} = I_{cb} [\cos 60^\circ \cos \theta_{P-BC} - \sin 60^\circ \sin \theta_{P-BC}]$$

$$\cos 60^\circ = 1/2$$

$$\sin 60^\circ = \sqrt{3} / 2$$

$$= I_{cb} [(1/2) \cos \theta_{P-BC} - (\sqrt{3} / 2) \sin \theta_{P-BC}]$$

$$X_{cb} = -I_{cb} (1/2) [(\sqrt{3}) \sin \theta_{P-BC} - \cos \theta_{P-BC}]$$

$$Y_{cb} = I_{cb} \sin \beta$$

$$\begin{aligned}
 Y_{cb} &= I_{cb} \sin (60^\circ + \theta_{P-BC}) \\
 &= I_{cb} [\sin 60^\circ \cos \theta_{P-BC} + \cos 60^\circ \sin \theta_{P-BC}] \\
 &= I_{cb} [(\sqrt{3}) \cos \theta_{P-BC} + (1/2) \sin \theta_{P-BC}]
 \end{aligned}$$

$$Y_{cb} = I_{cb} (1/2) [(\sqrt{3}) \cos \theta_{P-BC} + \sin \theta_{P-BC}]$$

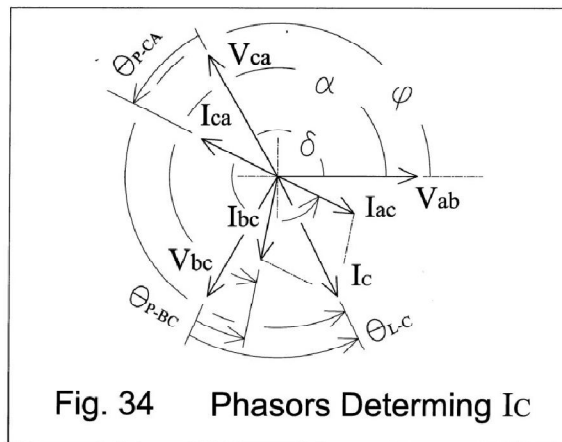
Thus,

$$X_B = X_{ab} + X_{cb}$$

$$Y_B = Y_{ab} + Y_{cb}$$

$$I_B = \{(X_B)^2 + (Y_B)^2\}^{1/2}$$

$$\theta_{L-B} = \sin^{-1} (Y_B \div I_B)$$



Gambar 2.7 : Fasor yang Menentukan I<sub>C</sub>

Arus I<sub>C</sub> ditentukan seperti yang digambarkan pada Gambar 2.7.

Gambar 2.7 Fasor yang Menentukan I<sub>C</sub>

Misalkan,

X<sub>bc</sub> = komponen absis vektor I<sub>bc</sub>

X<sub>ac</sub> = komponen absis vektor I<sub>ac</sub>

X<sub>C</sub> = komponen absis vektor I<sub>C</sub>

Y<sub>bc</sub> = komponen ordinat vektor I<sub>bc</sub>

Y<sub>ac</sub> = komponen ordinat vektor I<sub>ac</sub>

Y<sub>C</sub> = komponen ordinat vektor I<sub>C</sub>

$$X_{bc} = I_{bc} \cos \alpha$$

$$\alpha = 240^\circ + \theta_{P-BC}$$

$$\cos \alpha = \cos (240^\circ + \theta_{P-BC})$$

$$\cos (240^\circ + \theta_{P-BC}) = \cos 240^\circ \cos \theta_{P-BC} - \sin 240^\circ \sin \theta_{P-BC}$$

$$\cos 240^\circ = -1/2$$

$$\sin 240^\circ = -(\sqrt{3}/2)$$

$$\cos (240^\circ + \theta_{P-BC}) = (-1/2) \cos \theta_{P-BC} - [-(\sqrt{3}/2)] \sin \theta_{P-BC}$$

$$= (-1/2) [\cos \theta_{P-BC} + (\sin \theta_{P-BC})]$$

$$= (1/2) [(\sqrt{3} \sin \theta_{P-BC} - \cos \theta_{P-BC})]$$

$$X_{bc} = I_{bc} (1/2) [(\sin \theta_{P-BC} - \cos \theta_{P-BC})]$$

$$Y_{bc} = I_{bc} \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \sin (240^\circ - \theta_{P-BC})$$

$$\sin (240^\circ + \theta_{P-BC}) = \sin 240^\circ \cos \theta_{P-BC} + \cos 240^\circ \sin \theta_{P-BC}$$

$$= -(\sqrt{3}/2) \cos \theta_{P-BC} + (-1/2) \sin \theta_{P-BC}$$

$$= (-1/2) [(\sqrt{3}) \cos \theta_{P-BC} + \sin \theta_{P-BC}]$$

$$Y_{bc} = -I_{bc} (1/2) [(\sqrt{3}) \cos \theta_{P-BC} + \sin \theta_{P-BC}]$$

$$X_{ac} = I_{ac} \cos \delta$$

$$\delta = (300^\circ + \theta_{P-AC})$$

$$X_{ac} = I_{ac} \cos (300^\circ + \theta_{P-AC})$$

$$\cos (300^\circ + \theta_{P-AC}) = \cos 300^\circ \cos \theta_{P-AC} - \sin 300^\circ \sin \theta_{P-AC}$$

$$\cos 300^\circ = 1/2$$

$$\sin 300^\circ = -(\sqrt{3}/2)$$

$$\cos (300^\circ + \theta_{P-AC}) = 1/2 \cos \theta_{P-AC} - [-(\sqrt{3}/2)] \sin \theta_{P-AC}$$

$$= (1/2) [(\sqrt{3}) \sin \theta_{P-AC} + \cos \theta_{P-AC}]$$

$$X_{ac} = I_{ac} (1/2) [(\sqrt{3}) \sin \theta_{P-AC} + \cos \theta_{P-AC}]$$

$$Y_{ac} = I_{ac} \sin \delta$$

$$Y_{ac} = I_{ac} \sin (300^\circ + \theta_{P-AC})$$

$$\sin (300^\circ + \theta_{P-AC}) = \sin 300^\circ \cos \theta_{P-AC} + \cos 300^\circ \sin \theta_{P-AC}$$

$$= -(\cos \theta_{P-AC} + (1/2) \sin \theta_{P-AC})$$

$$= -(1/2) [(\sqrt{3}) \cos \theta_{P-AC} - \sin \theta_{P-AC}]$$



$$Y_{ac} = -I_{ac} (1/2) [(\sqrt{3}) \cos \theta_{P-AC} - \sin \theta_{P-AC}]$$

$$X_C = X_{bc} + X_{ac}$$

$$Y_C = Y_{bc} + Y_{ac}$$

$$I_C = \{(X_C)^2 + (Y_C)^2\}^{1/2}$$

$$\phi = \sin^{-1}(Y_C \div I_C)$$

$$\theta_{L-C} = (\phi - 240^\circ)$$

Mengetahui,

$$|I_{ba}| = |I_{ab}|, |I_{cb}| = |I_{bc}| \text{ dan } |I_{ac}| = |I_{ca}|, \text{ dan}$$

$\theta_{P-BA} = \theta_{P-AB}$ ,  $\theta_{P-CB} = \theta_{P-BC}$  and  $\theta_{P-AC} = \theta_{P-CA}$ , persamaan aljabar mungkin ditulis ulang untuk mengeluarkan istilah  $I_{ba}$ ,  $I_{cb}$ ,  $I_{ac}$ ,  $\theta_{P-BA}$ ,  $\theta_{P-CB}$  dan  $\theta_{P-AC}$ .

Singkatnya untuk sirkuit delta tidak seimbang:

$$I_A = \{(X_A)^2 + (Y_A)^2\}^{1/2} \dots$$

$$\theta_{L-A} = (\lambda - 120^\circ) \dots$$

where,

$I_A$  = arus di rangkaian A

$\theta_{L-A}$  = lead (lag) of current  $I_A$  with respect to line voltage  $V_{ca}$

$$X_{ba} = -I_{ab} \cos \theta_{P-AB}$$

$$X_{ca} = -I_{ca} (1/2) [(\sqrt{3}) \sin \theta_{P-CA} + \cos \theta_{P-CA}]$$

$$X_A = X_{ba} + X_{ca}$$

$$Y_{ba} = -I_{ab} \sin \theta_{P-AB}$$

$$Y_{ca} = I_{ca} (1/2) [(\sqrt{3}) \cos \theta_{P-CA} - \sin \theta_{P-CA}]$$

$$Y_A = Y_{ba} + Y_{ca}$$

$$\lambda = \sin^{-1}(Y_A \div I_A)$$

jarak sah  $\theta_{P-AB}$  &  $\theta_{P-CA}$ :  $\pm 90^\circ$ ; valid range of  $\theta_{L-A}$ :  $+120^\circ$  to  $-60^\circ$

$$I_B = \{(X_B)^2 + (Y_B)^2\}^{1/2} \dots$$

$$\theta_{L-B} = \sin^{-1}(Y_B \div I_B) \dots$$

dimana,

$I_B$  = arus di rangkaian B

$\theta_{L-B}$  = mendahului ( meninggalkan ) arus  $I_B$  berkenaan dengan tegangan  $V_{ab}$

$$X_{ab} = I_{ab} \cos \theta_{P-AB}$$

$$X_{cb} = -I_{bc} (1/2) [(\sqrt{3}) \sin \theta_{P-BC} - \cos \theta_{P-BC}]$$

$$X_B = X_{ab} + X_{cb}$$

$$Y_{ab} = I_{ab} \sin \theta_{P-AB}$$

$$Y_{cb} = I_{bc} (1/2) [(\sqrt{3}) \cos \theta_{P-BC} + \sin \theta_{P-BC}]$$

$$Y_B = Y_{ab} + Y_{cb}$$

Valid range of  $\theta_{P-AB}$  &  $\theta_{P-CB}$ :  $\pm 90^\circ$ ; valid range of  $\theta_{L-B}$ :  $+120^\circ$  to  $-60^\circ$

$$I_C = \{(X_C)^2 + (Y_C)^2\}^{1/2} \dots$$

$$\theta_{L-C} = (\phi - 240^\circ) \dots$$

dimana,

$I_C$  = arus di rangkaian C

$\theta_{L-C}$  = mendahului ( meninggalkan ) arus  $I_C$  berkenaan dengan tegangan  $V_{ab}$   $V_{bc}$

$$X_{bc} = I_{bc} (1/2) [(\sqrt{3}) \sin \theta_{P-BC} - \cos \theta_{P-BC}]$$

$$X_{ac} = I_{ca} (1/2) [(\sqrt{3}) \sin \theta_{P-CA} + \cos \theta_{P-CA}]$$

$$X_C = X_{bc} + X_{ac}$$

$$Y_{bc} = -I_{bc} (1/2) [(\sqrt{3}) \cos \theta_{P-BC} + \sin \theta_{P-BC}]$$

$$Y_{ac} = -I_{ca} (1/2) [(\sqrt{3}) \cos \theta_{P-CA} - \sin \theta_{P-CA}]$$

$$Y_A = Y_{ba} + Y_{ca}$$

$$\lambda = \sin^{-1} (Y_A \div I_A)$$

Valid range of  $\theta_{P-AB}$  &  $\theta_{P-CA}$ :  $\pm 90^\circ$ ; valid range of  $\theta_{L-A}$ :  $+120^\circ$  to  $-60^\circ$

$\theta_{L-A}$  = mendahului (meninggalkan) arus  $I_A$ , berkenaan dengan saluran tegangan  $V_{ca}$

Valid range: jarak yang sah

Equation: persamaan

### Contoh 11

Masalah: Berkenaan dengan Gambar 14 dan Gambar 31, anggaplah kondisi berikut ini untuk sirkuit delta tidak seimbang:

$$I_{ab} = 5 \text{ amper @ PF} = 1.0$$

$$I_{bc} = 10 \text{ amper @ PF} = 0.9 \text{ ketinggalan}$$

$$I_{ac} = 15 \text{ amper @ PF} = 0.8 \text{ mendahului}$$

Temukan saluran arus pada konduktor A, B dan C.

Penyelesaian:

$$\theta_{P-AB} = \cos^{-1} 1.0 = 0$$

$$\theta_{P-BC} = \cos^{-1} 0.9 = -25.84^\circ$$

$$\theta_{P-AB} = \cos^{-1} 0.8 = +36.86^\circ$$

Masing-masing arus juga dinyatakan dalam notasi polar (kutub/berlawanan). Arus terdepan/tertinggal  $I_{ab}$  mengenai tegangan  $V_{ab}$ . Tegangan  $V_{ab}$  dianggap sejajar dengan absis positif. Oleh karena itu, notasi polar arus  $I_{ab}$  adalah:

$$I_{ab} = 5/0^\circ$$

Arus terdepan/tertinggal  $I_{bc}$  berkenaan dengan tegangan  $V_{bc}$  adalah  $240^\circ$  CCW dari absis positif. Arus  $I_{bc}$  meninggalkan  $V_{bc}$ . Oleh karena itu ukuran sudut pada arus  $I_{bc}$  pada arah CCW dari absis positif adalah:

$$240^\circ - 25.84^\circ = 214.16^\circ. \text{ Notasi polar } I_{bc} \text{ adalah:}$$

$$I_{bc} = 10/-214.16^\circ$$

Arus terdepan/tertinggal  $I_{ca}$  berkenaan dengan tegangan  $V_{ca}$  dimana  $120^\circ$  CCW dari absis positif. Arus  $I_{ca}$  mendahului  $V_{ca}$ . Oleh karena itu ukuran sudut pada arus  $I_{ca}$  pada arah CCW dari absis positif adalah:  $120^\circ + 36.86^\circ = 156.86^\circ$ . Maka notasi polarnya adalah:

$$I_{bc} = 10/156.86^\circ$$

Dari Persamaan 9-1 dan Persamaan 9-2,

$$I_A = \{(X_A)^2 + (Y_A)^2\}^{1/2}$$

$$\theta_{L-A} = (\lambda - 120^\circ)$$

where,

$I_A$  = arus di rangkaian A

$\theta_{L-A}$  = mendahului ( meninggalkan ) arus  $I_A$  berkenaan dengan tegangan  $V_{ca}$

$$X_{ba} = -I_{ab} \cos \theta_{P-AB} = - (5) \cos 0 = -5$$

$$Y_{ba} = -I_{ab} \sin \theta_{P-AB} = I_{ba} (0) = 0$$

$$\begin{aligned} X_{ca} &= -I_{ca}(1/2) [(\sqrt{3}) \sin \theta_{P-CA} + \cos \theta_{P-CA}] \\ &= - (15) (1/2) [(\sqrt{3}) \sin \theta_{P-CA} + \cos \theta_{P-CA}] \\ &= - (7.5) [(\sqrt{3}) \sin (36.86^\circ) + \cos (36.86^\circ)] \\ &= - (7.5) [(\sqrt{3}) (0.6) + (0.8)] = - (7.5) [1.039 + 0.8] = -13.794 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_{ca} &= I_{ca} (1/2) [(\sqrt{3}) \cos \theta_{P-CA} - \sin \theta_{P-CA}] \\ Y_{ca} &= (15) (1/2) [(\sqrt{3}) \cos (36.86^\circ) - \sin (36.86^\circ)] \\ &= (7.5) [(\sqrt{3}) (0.6) - (0.8)] = (7.5) [(1.385) - (0.8)] = 5.89 \end{aligned}$$

$$X_A = X_{ba} + X_{ca} = -5 + (-13.79) = -18.79$$

$$Y_A = Y_{ba} + Y_{ca} = 0 + 5.89 = 5.89$$

$$I_A = \{(X_A)^2 + (Y_A)^2\}^{1/2} = \{(-18.79)^2 + (5.89)^2\}^{1/2} = 19.69 \text{ amps}$$

$$\lambda = \sin^{-1} (Y_A \div I_A) = \sin^{-1} [5.89 \div 19.69] = \sin^{-1}.299 = 162.59^\circ$$

$$\theta_{L-A} = (\lambda - 120^\circ) = (162.59^\circ - 120^\circ) = 42.59^\circ$$

$$\text{Pada notasi polar: } I_A = 19.69 / \underline{(120^\circ + 42.59^\circ)} = 19.69 / \underline{162.59^\circ}$$

Dari persamaan 9-3 dan persamaan 9-4,

$$I_B = \{(X_B)^2 + \{(Y_B)^2\}^{1/2}$$

$$\theta_{L-B} = \tan^{-1} (Y_B \div X_B)$$

dimana,

$I_B$  = arus di rangkaian B

$\theta_{L-B}$  = mendahului ( meninggalkan ) arus  $I_B$  berkenaan dengan tegangan  $V_{ab}$

$$X_B = X_{ab} + X_{cb}$$

$$Y_B = Y_{ab} + Y_{cb}$$

$$X_{ab} = I_{ab} \cos \theta_{P-AB} = (5) \cos 0 = 5$$

$$Y_{ab} = -I_{ab} \sin \theta_{P-AB} = - (5) \sin 0 = 0$$

$$\begin{aligned} X_{cb} &= -I_{cb} (1/2) [(\sqrt{3}) \sin \theta_{P-BC} - \cos \theta_{P-BC}] \\ &= - (10) (1/2) [(\sqrt{3}) \sin -25.84^\circ - \cos -25.84^\circ] \\ &= - (5) [(\sqrt{3}) (-0.4358) - (.9)] = - (5) [(-.754) - (.9)] = 8.27 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y_{cb} &= I_{cb} (1/2) [(\sqrt{3}) \cos \theta_{P-BC} + \sin \theta_{P-BC}] \\
 &= (10) (1/2) [(\sqrt{3}) \cos -25.84^\circ + \sin -25.84^\circ] \\
 &= (5) [(\sqrt{3}) (.9) + (-0.4358)] = 5.61
 \end{aligned}$$

$$X_B = X_{ab} + X_{cb} = 5 + 8.27 = 13.27$$

$$Y_B = Y_{ab} + Y_{cb} = 0 + 5.61 = 5.61$$

$$I_B = \{(X_B)^2 + (Y_B)^2\}^{1/2} = \{(13.27)^2 + (5.61)^2\}^{1/2} = 14.407 \text{ amps}$$

$$\theta_{L-B} = \sin^{-1} (Y_B \div I_B) = \sin^{-1} (5.61 \div 14.407) = 22.91^\circ$$

$$\text{In polar notation: } I_B = 14.40 / \underline{22.91^\circ}$$

Dari persamaan 9-5 dan persamaan 9-6,

$$I_C = \{(X_C)^2 + (Y_C)^2\}^{1/2}$$

dimana,

$I_C$  = arus di rangkaian C

$\theta_{L-C}$  = mendahului ( meninggalkan ) arus  $I_C$  berkenaan dengan tegangan  $V_{bc}$

$$\begin{aligned}
 X_{bc} &= I_{bc} (1/2) [(\sqrt{3}) \sin \theta_{P-BC} - \cos \theta_{P-BC}] \\
 &= (10) (1/2) [(\sqrt{3}) \sin -25.84^\circ - \cos -25.84^\circ] \\
 &= (5) [(-0.435) - (0.9)] = -(5) (1.6549) = -8.27
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y_{bc} &= -I_{bc} (1/2) [(\sqrt{3}) \cos \theta_{P-BC} + \sin \theta_{P-BC}] \\
 &= -(10) (1/2) [(\sqrt{3}) \cos -25.84^\circ + \sin -25.84^\circ] \\
 &= -(5) [(\sqrt{3}) (.9) + (.435)] = -(5) (1.123) = -5.61
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_{ac} &= I_{ca} (1/2) [(\sqrt{3}) \sin \theta_{P-CA} + \cos \theta_{P-CA}] \\
 &= (15) (1/2) [(\sqrt{3}) \sin 36.86^\circ + \cos 36.86^\circ] \\
 &= (7.5) [(\sqrt{3}) (.6) + (.8)] = (7.5) (1.83) = 13.79
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y_{ac} &= -I_{ca} (1/2) [(\sqrt{3}) \cos \theta_{P-CA} - \sin \theta_{P-CA}] \\
 &= -(15) (1/2) [(\sqrt{3}) \cos 36.86^\circ - \sin 36.86^\circ] \\
 &= -(7.5) [(\sqrt{3}) (.8) - (0.6)] = -(7.5) (.786) = -5.89
 \end{aligned}$$

$$X_C = X_{bc} + X_{ac} = -8.27 + 13.79 = 5.52$$

$$Y_C = Y_{bc} + Y_{ac} = -5.61 + (-5.89) = -11.50$$

$$I_C = \{(X_C)^2 + (Y_C)^2\}^{1/2} = \{(5.52)^2 + (-11.50)^2\}^{1/2} = 12.76 \text{ amps}$$

$$\theta_{L-C} = (\phi - 240^\circ)$$

IC berada di kuadran IV

$$\phi = \sin^{-1} (YC \div IC) = \sin^{-1} (-11.500 \div 12.756) = 295.64^\circ$$

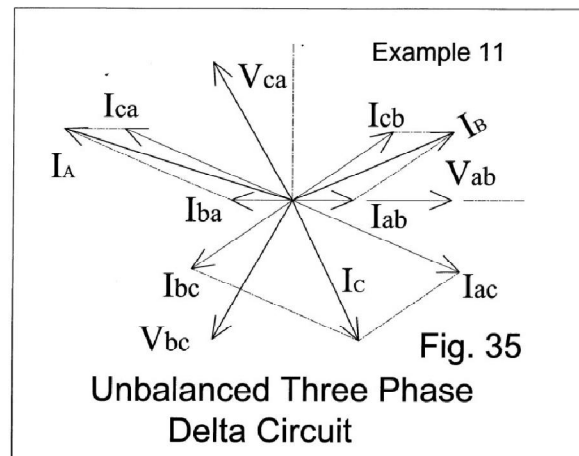
$$\theta_{L-C} = (\phi - 240^\circ) = 295.64^\circ - 240^\circ = 55.64^\circ$$

Pada notasi polar :

$$IC = 12.756 / (240 + 55.64^\circ)$$

$$= 12.756 / 295.64^\circ$$

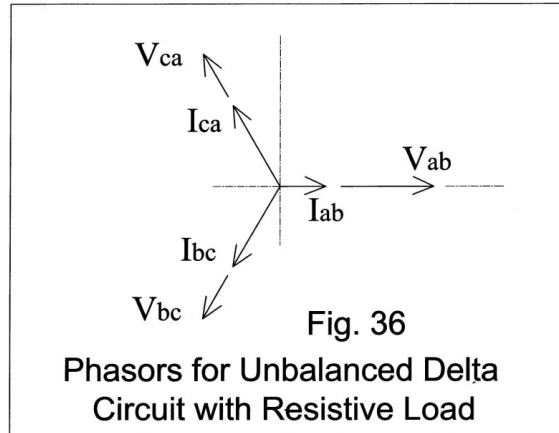
(Dalam kotak: Nilai yang dihitung pada Contoh 11 pada ditunjukkan pada Gambar 2.8 dimana fasor-fasor dan sudut-sudut yang dihubungkan digambar menurut skala.



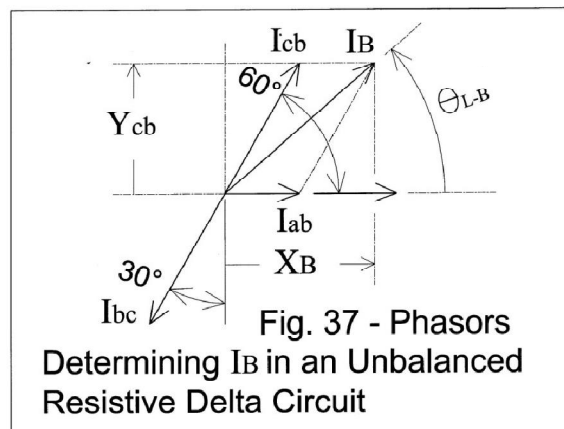
Gambar 2.8 : Sirkuit Delta Tiga Fase Tidak Seimbang

### 2.8.1 Rangkaian Tiga Fase Tidak Seimbang Delta (A) Hanya dengan Beban Hambatan

Sirkuit delta tiga fase yang khas digambarkan pada Gambar 14. Dengan beban resistif seimbang, fasor delta yang menunjukkan arus akan digambarkan pada Gambar 17. Saluran arus untuk sirkuit seimbang akan ditentukan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 18. Untuk sirkuit delta tidak seimbang dengan beban resistif, diagram fasor yang serupa dapat dibuat. Diagram fasor yang khas untuk sirkuit hambatan digambarkan pada Gambar 36. Pada Gambar 36, dua fasor yang mewakili fase arus  $I_{bc}$  dan  $I_{ca}$  ditunjukkan sama sedangkan ketiga fase,  $I_{ab}$ , dianggap lebih kecil.



Gambar 2.9 : Fasor-fasor untuk Sirkuit Delta dengan Beban Resistif



Gambar 3.0 : Fasor-fasor yang Menentukan  $I_B$  pada Sirkuit Delta Resistif Tidak Seimbang

Diagram fasor untuk menentukan saluran arus  $I_B$  ditunjukkan pada Gambar 3.0. Karena merupakan prosedur dengan sirkuit delta, vektor  $I_B$  ditentukan dengan menambah vektor  $I_{ab}$  dan vektor negatif  $I_{bc}$ , yaitu  $I_{cb}$ . Menurut aturan untuk menambahkan vektor, komponen “x” (atau absis) vektor  $I_B$  ditentukan dengan menambah komponen “x”  $I_{ab}$  dan  $I_{cb}$ . Demikian juga, komponen “y” (atau ordinat) vektor  $I_B$  ditentukan dengan menambah komponen “y” vektor  $I_{ab}$  dan  $I_{cb}$ . Karena  $I_{ab}$  sejalan dengan acuan tegangan  $V_{ab}$ , vektor untuk arus  $I_{ab}$  tidak memiliki komponen “y”. Pada dasarnya, persamaan untuk sirkuit delta dengan semua beban resistif menjadi hal yang istimewa dari Persamaan 9-1 sampai 9-6 dimana  $\theta_{L-A} = 0$ ,  $\theta_{L-B} = 0$  &  $\theta_{L-C} = 0$ . Dengan kondisi ini, Persamaan 9-1 sampai 9-6 menyederhanakan persamaan yang ditunjukkan dibawah ini pada Persamaan 10-1 sampai 10-6.

$$I_A = \{(X_A)^2 + (Y_A)^2\}^{1/2} \dots$$

$$\theta_{L-A} = (\lambda - 120^\circ) \dots$$

where,

$I_A$  = arus di rangkaian A

$\theta_{L-A}$  = mendahului ( meninggalkan ) arus  $I_A$  berkenaan dengan tegangan  $V_{ab}$   $V_{ca}$

$$X_A = -I_{ab} - (1/2) I_{ca}$$

$$Y_A = I_{ca} (\sqrt{3}/2)$$

$$\lambda = \sin^{-1} (Y_A \div I_A)$$

$$I_B = \{(X_B)^2 + (Y_B)^2\}^{1/2} \dots$$

$$\theta_{L-B} = \sin^{-1} (Y_B \div I_B) \dots$$

where,

$I_B$  = arus di rangkaian B

$\theta_{L-B}$  = mendahului ( meninggalkan ) arus  $I_B$  berkenaan dengan tegangan  $V_{ab}$

$$X_B = I_{ab} + (1/2) I_{bc}$$

$$Y_B = I_{bc} (\sqrt{3}/2)$$

$$I_C = \{(X_C)^2 + (Y_C)^2\}^{1/2} \dots$$

$$\theta_{L-C} = (\phi - 240^\circ) \dots$$

where,

$I_C$  = arus di rangkaian C

$\theta_{L-C}$  = mendahului ( meninggalkan ) arus  $I_C$  berkenaan dengan tegangan  $V_{bc}$

$$X_C = (1/2) I_{ca} - (1/2) I_{bc}$$

$$Y_C = -I_{bc} (\sqrt{3}/2) - I_{ca} (\sqrt{3}/2)$$

$$\phi = \sin^{-1} (Y_C \div I_C)$$

Masalah: Berkenaan Gambar 14 (sirkuit delta), dengan adanya  $I_{ab}$  adalah 5 amper, hambatan, dan  $I_{bc}$  dan  $I_{ca}$  masing-masing adalah 10 amper, hambatan. Temukan saluran arus  $I_A$ ,  $I_B$  dan  $I_C$  dan masing-masing terdepan dan tertinggal berkenaan dengan saluran tegangan.



Pemecahan:

Acuan dibuat untuk Persamaan 10-1 sampai 10-6.

$$X_A = -I_{ab} - (1/2) I_{ca} = -(5) - (1/2) (10) = -10$$

$$Y_A = I_{ca} (\sqrt{3}/2) = (10) (\sqrt{3}) = 5\sqrt{3} = 8.66$$

$$I_A = \{(X_A)^2 + (Y_A)^2\}^{1/2} = \{(-10)^2 + (8.66)^2\}^{1/2} = 13.22 \text{ amps}$$

$$\lambda = \sin^{-1} (Y_A \div I_A) = \sin^{-1} (8.66 \div 13.22) = \sin^{-1} (.655)$$

$I_A$  berada pada kuadran II

$$\lambda = 139.08^\circ$$

$$\theta_{L-A} = (\lambda - 120^\circ) = (139.08^\circ - 120^\circ) = 19.10^\circ$$

$$X_B = I_{ab} + (1/2) I_{bc} = 5 + (1/2) (10) = 10$$

$$Y_B = I_{bc} (\sqrt{3}/2) = (10) (\sqrt{3}/2) = 5\sqrt{3}$$

$$I_B = \{(X_B)^2 + (Y_B)^2\}^{1/2} = \{(10)^2 + (5\sqrt{3})^2\}^{1/2} = 13.228 \text{ amps}$$

$$\theta_{L-B} = \sin^{-1} (Y_B \div I_B) = \sin^{-1} (5\sqrt{3} \div 13.228) = \sin^{-1} (.655)$$

$I_B$  berada pada kuadran I

$$\theta_{L-B} = 40.89^\circ$$

$$X_C = (1/2) I_{ca} - (1/2) I_{bc} = (1/2) (10) - (1/2) (10) = 0$$

$$\begin{aligned} Y_C &= -I_{bc} (\sqrt{3}/2) - I_{ca} (\sqrt{3}/2) = -(10) (\sqrt{3}/2) - (10) (\sqrt{3}/2) \\ &= -(10) \sqrt{3} = -17.32 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_C &= \{(X_C)^2 + (Y_C)^2\}^{1/2} \\ &= \{(0)^2 + (-10\sqrt{3})^2\}^{1/2} \\ &= (10) = 17.32 \text{ amps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi &= \sin^{-1} (Y_C \div I_C) \\ &= \sin^{-1} (-17.32 \div 17.32) \\ &= \sin^{-1} (-1) \end{aligned}$$

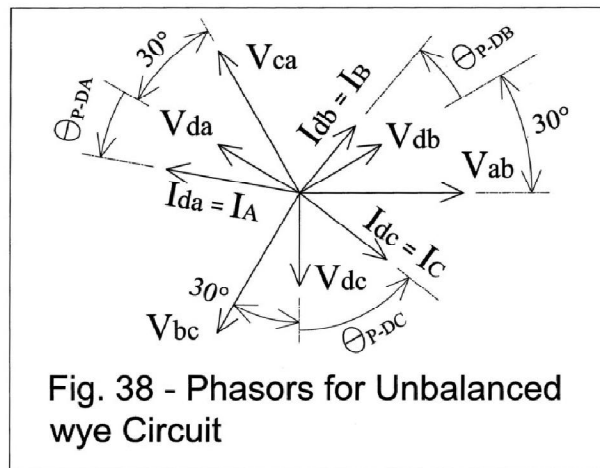
$I_C$  berada pada ordinat negatif.

$$\phi = 270^\circ$$

$$\theta_{L-C} = \theta_{L-C} = (\phi - 240^\circ) = (270^\circ - 240^\circ) = 30^\circ$$

## 2.9 Sirkuit Wye Tiga Fase Tidak Seimbang

Sirkuit wye tiga fase yang khas digambarkan pada Gambar 15, dan fasor untuk beban wye tidak seimbang yang khas digambarkan pada Gambar 3.1. Untuk tujuan analisa, dianggap bahwa tidak adanya dua fase arus perlu nilai yang sama atau perlu pada sudut terdepan dan tertinggal yang sama pada masing-masing fase tegangan. Pada beban resistif  $\theta_p = 0$ , yaitu fase arus sejalan dengan fase tegangan. Jika beban adalah kapasitif,  $\theta_p > 0$  (dan arus dikatakan “terdepan”). Jika beban adalah induktif  $\theta_p < 0$  (dan arus dikatakan “tertinggal”). Dengan beban tiga fase delta, misalkan.



Gambar 3.1. Fasor untuk sirkuit wye tidak seimbang

$I_A$  = arus dalam konduktor A

$I_B$  = arus dalam konduktor b

$I_C$  = arus dalam konduktor C

$I_D$  = arus dalam konduktor D

$\theta_{L-A}$  = sudut timbal / lag vektor  $I_A$  berkenaan dengan voltase  $V_{ca}$

$\theta_{L-B}$  = sudut timbal / lag vektor  $I_B$  berkenaan dengan tegangan  $V_{ab}$

$\theta_{L-C}$  = sudut timbal / lag vektor  $I_B$  berkenaan dengan tegangan  $V_{bc}$

Perhatikan bahwa dalam kasus rangkaian wye yang tidak seimbang, arus pada konduktor netral (Konduktor D) sangat penting dan ukuran konduktor netral juga penting. Konduktor D harus berukuran untuk membawa kombinasi arus terbesar yang mungkin dihasilkan dari kombinasi arus pada Konduktor A, B dan C. Dapat ditunjukkan bahwa arus terbesar yang mungkin ada dalam Konduktor D adalah dua kali arus maksimum pada

konduktor A, B atau C.] Dibandingkan dengan rangkaian delta, menentukan arus garis dalam rangkaian wye adalah proses yang sederhana karena arus fasa sama besarnya dengan arus garis. Selanjutnya, voltase fase tegangan garis depan sebesar  $30^\circ$ . Akibatnya, arus fase tegangan garis depan dengan  $30^\circ$  plus atau minus masing-masing sudut timah / lag. Lebih spesifik,

$$\theta_{P-DA} = \theta_{L-A} - 30^\circ$$

$$\theta_{P-DB} = \theta_{L-B} - 30^\circ$$

$$\theta_{P-DC} = \theta_{L-C} - 30^\circ$$

### Contoh 13

Soal: Asumsikan parameter rangkaian wye serupa dengan yang dipilih pada Contoh 12. (Contoh 12 untuk rangkaian delta). Dengan mengacu pada Gambar.15 dan Gambar 3.1, juga mengasumsikan kondisi berikut untuk sirkuit wye yang tidak seimbang:

$$I_{db} = 5 \text{ amp @ PF} = 1.0$$

$$I_{dc} = 10 \text{ amp @ PF} = 0,9 \text{ tertinggal}$$

$$I_{da} = 15 \text{ amp @ PF} = 0.8 \text{ leading}$$

Temukan arus garis pada konduktor A, B dan C.

$$I_{db} = 5 \text{ amp @ PF} = 1.0$$

$$I_{dc} = 10 \text{ amp @ PF} = 0,9 \text{ tertinggal}$$

$$I_{da} = 15 \text{ amp @ PF} = 0.8 \text{ leading}$$

Temukan arus garis pada konduktor A, B dan C.

solusi:

Arus fasa adalah arus garis dan diulang karena besarnya arus fasa sama dengan arus garis.

$$I_{da} = I_A = 15 \text{ amps}$$

$$I_{db} = I_B = 5 \text{ amp}$$

$$I_{dc} = I_C = 10 \text{ amps}$$

$$\theta_{P-DA} = \cos^{-1} 0.8 = 36.86^\circ \text{ (leading),}$$

$$\theta_{P-DB} = \cos^{-1} 1.0 = 0$$

$$\theta_{P-DC} = \cos^{-1} 0,9 = -25,84^\circ \text{ (tertinggal)}$$

Dari Persamaan 12-1,

$$\theta_P = \theta_L - 30^\circ$$

$$\theta_{L-A} = \theta_{P-DA} + 30^\circ = 36.86^\circ + 30^\circ = + 66.86^\circ$$

$$\theta_{L-B} = \theta_{P-DB} + 30^\circ = 0^\circ + 30^\circ = + 30^\circ$$

$$\theta_{L-C} = \theta_{P-DC} + 30^\circ = -25.84^\circ + 30^\circ = + 4.16^\circ$$

Perhitungan dari kedua Contoh 12 dan Contoh 13 menunjukkan bahwa, dengan adanya arus fasa, lebih mudah menentukan arus garis untuk rangkaian wye daripada rangkaian delta.

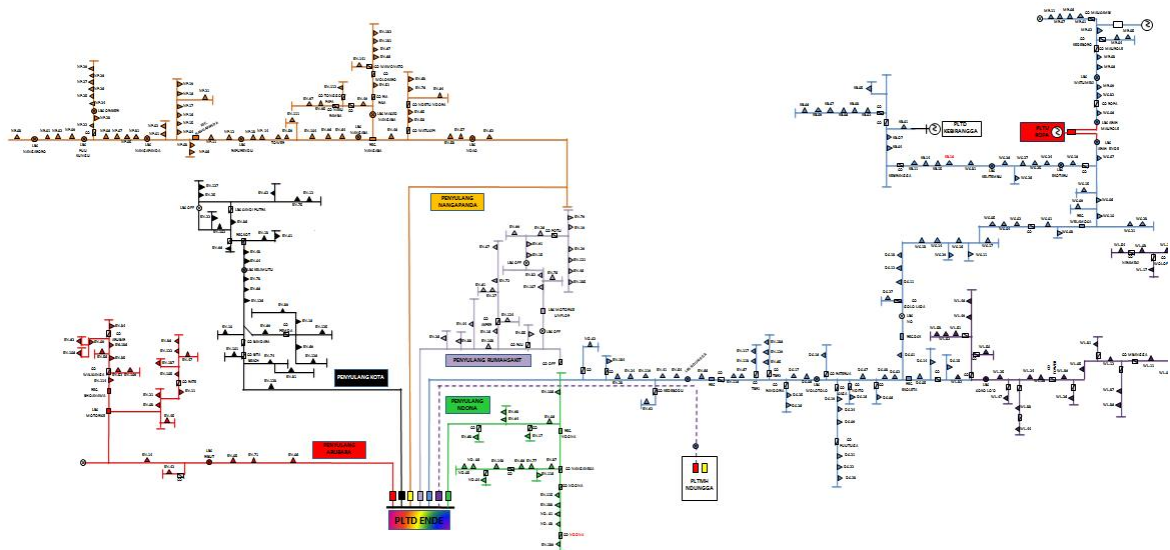
## BAB III

### METOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Sistem Jaringan Distribusi di PT. PLN Ende Flores Bagian Barat

Analisa pada skripsi ini mengambil data dari PT.PLN (persero) Ende, Flores bagian barat. Sistem distribusi Ende ini merupakan jaringan sistem distribusi 20 kV.

Untuk menganalisa aliran daya terlebih dahulu ditetapkan single line diagram sesuai dengan gambar 3.2 kemudian di analisa dengan menggunakan software ETAP Power Station 12.6.0 dengan tujuan untuk mengetahui keadaan ketidakseimbangan beban (Unbalace load)



Gambar 3.2 *Single Line* Sistem 20 KV Ende

#### 3.2 Tempat Penelitian

Tempat yang digunakan untuk melakukan penelitian dan pengambilan data yaitu di sistem PLN ENDE, FLORES, NUSA TENGGARA TIMUR

### 3.2.1 Data Beban, Panjang Saluran Dan Jumlah Trafo Penulang Kota Ende

Tabel 2.3.1. Data Beban, Panjang Saluran Dan Jumlah Trafo Penyulang Kota Ende

NO	LOKASI	GRD		TRAFO		J T M							
		B	T	JUMLAH		KAB	KAB	AAAC	A3C0C	A3C0C	ACSR	AAAC	ACCC/BC
		Bh	Bh	Bh	KVA	Kms	Kms	Kms	Kms	70mm	3 / 0	70mm	35mm
I	AREA ENDE												
1	a. Penyulang Ndona		19	19	1,496	0.87		1.19	1.65			10.92	14.63
	b. Penyulang Arubara		24	24	2,525	0.07						11.54	14.38
	c. Penyulang Nangapanda		54	54	2,899	0.52		24.07	4.14			44.69	78.47
	d. Penyulang Kota	1	26	27	3,215	0.16	0.05	3.69		0.93		9.88	14.71
	e. Penyulang RSU	1	25	26	2,620	0.21		3.16				8.15	11.52
	f. Penyulang Wolowaru		16	16	901	0.17		33.01				22.01	55.19
	KJ. Detusoko		24	24	1,039							44.69	44.69
2	SR. Ndiriwoy		8	8	510							8.36	8.36
3	KJ. Maurole		12	12	676							28.62	28.62
4	SR. Wolowaru		16	16	841							54.10	54.10
5	KJ. Welamosa		24	24	957							59.39	59.39
6	SR. Kebirangga		14	14	625							26.15	26.15
7	Jopu		30	30	1491							1.80	1.80
	JUMLAH	2	292	294	19,795	2	0	65	6	1	-	330	412

### 3.2.2 Metode Newton Repson

Metode newton Repson merupakan salah satu metoe terbuka untuk menentukan solusi akar dari persamaan non linear dengan prinsip utama sebagai berikut :

1. Metode ini melakukan pendekatan terhadap kurva  $f(x)$  dengan garis singgun (gradien )pada suatu titik nilai awal
2. Nilai taksiran selanjutnya adalah titik poton antra garis singgun (gardien) kurva dengan sumbu x

Proses yang dilakukan adalah membandingkan antara daya yang ditempatkan berdasarkan data (  $p_{k,calc}$  dan  $Q_{k,sched}$  ) dengan daya hasil perhitungan

(  $p_{k,calc}$  dan  $Q_{k,sched}$  ) selisih daya yang ditetapkan dan diperhitungkan ( $\Delta p_k$  dan  $\Delta Q_k$ ) dihitung dengan persamaan :

$$\Delta p_k = p_{k,sched} - p_{k,calc}$$

$$\Delta Q_k = Q_{k,sched} - Q_{k,calc}$$

Selisih daya dihitung untunk menghitung nilai perubahan parameter tegangan bus yaitu,  $\Delta |V_k|$  dan  $\Delta |\delta|$  yaitu dengan menggunakan elemen jacobian,sehingga koreksi terhadap nilai parameter tegangan yang telah ditetapkan nilai awal sebelumnya. Elemen jacobian sendiri

merupakan turunan persial P dan Q terhadap masing- masing variable pada persamaan yang di dalam bentuk matriks dituliskan sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} \Delta P_1 \\ \vdots \\ \Delta P_{n-1} \\ \Delta Q_1 \\ \vdots \\ \Delta Q_{n-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\partial P_1}{\partial V_1} & \dots & \frac{\partial P_1}{\partial V_{n-1}} & \frac{\partial P_1}{\partial \delta_1} & \dots & \frac{\partial P_1}{\partial \delta_{n-1}} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial P_{n-1}}{\partial V_1} & \dots & \frac{\partial P_{n-1}}{\partial V_{n-1}} & \frac{\partial P_{n-1}}{\partial \delta_1} & \dots & \frac{\partial P_{n-1}}{\partial \delta_{n-1}} \\ \frac{\partial Q_1}{\partial V_1} & \dots & \frac{\partial Q_1}{\partial V_{n-1}} & \frac{\partial Q_1}{\partial \delta_1} & \dots & \frac{\partial Q_1}{\partial \delta_{n-1}} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial V_1} & \dots & \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial V_{n-1}} & \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial \delta_1} & \dots & \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial \delta_{n-1}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta v_1 \\ \vdots \\ \Delta v_{n-1} \\ \Delta \delta_1 \\ \vdots \\ \Delta \delta_{n-1} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{pmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} l_1 & l_1 \\ l/1 & l/4 \end{bmatrix} \dots$$

Perubahan nilai tegangan bus dijumlahkan dengan nilai tegangan bus sebelumnya, yang kemudian nilai tegangan bus terbaru ini digunakan untuk menghitung  $p_{k,calc}$  dan  $Q_{k,sched}$ . Proses initerus berulang, hal inilah yang disebut iterasi hingga mencapai kondisi dimana nilai perubahan daya  $\Delta P$  dan  $\Delta Q$  Konvergen mencapai suatu nilai minimum yang telah ditentukan ( berkisar 0,001 hingga 0,0001 pu ).

### 3.3 Pengenalan ETAP ( *Electrical Transient Analisis Program* )

*ETAP Power Station* adalah *software* untuk *power* sistem yang bekerja berdasarkan perencanaan, setiap *plant* harus menyediakan *modelling* peralatan dan alat-alat pendukung yang berhubungan dengan analisis yang akan dilakukan. Perangkat ini dapat bekerja dalam keadaan *offline* yaitu untuk simulasi tenaga listrik dan *online* untuk pengelolaan data *real time*. Analisa yang dapat dilakukan antara lain :

- Analisa Aliran Daya (*load flow analisys*)
- Analisa hubung singkat (*short sircuit*)
- Motor *Starting*
- *Arc Flash Analisis*
- *Harmonic Power System*
- Analisa Kestabilan *Transient*

Data-data yang diperlukan untuk melakukan perhitungan *LoadFlow* adalah sebagai berikut:

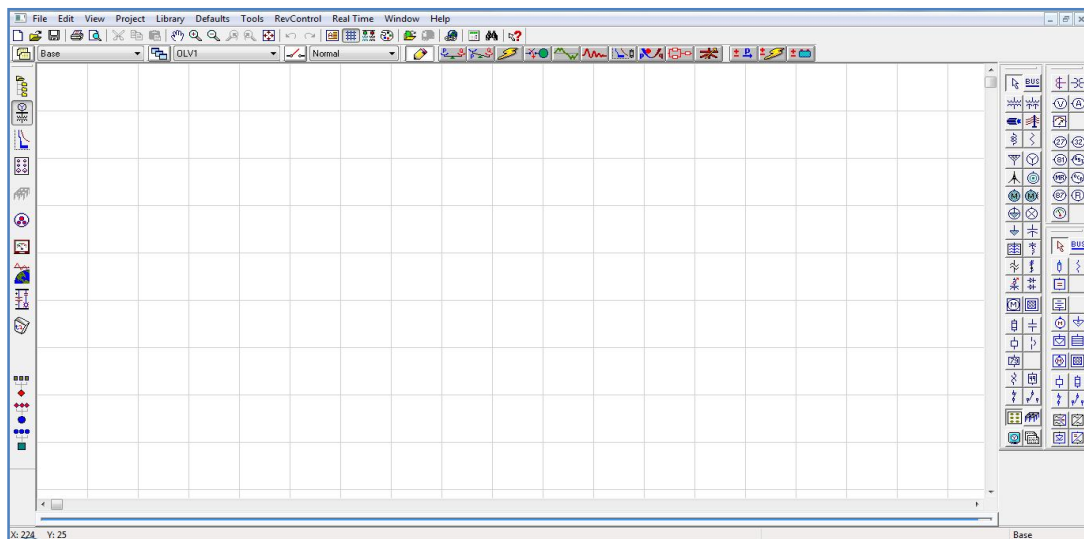
- Data *Bus* (nominal kV, %V dan sudut tegangan)

- Data *Branch* (transformator, jaringan transmisi, kabel dan impedansi)
- Data Generator
- Data beban

Dari perhitungan *Load Flow* maka akan menghasilkan :

- *Power Flow* dan *Power Factor*
- *Bus Voltage*
- *BusLoading*
- *Tap Transformer*
- *Losses*
- *Voltage drops*
- Konsumsi daya beban

*ETAP Power Station* dapat digunakan untuk menggambar single line diagram secara langsung. Single line diagram ETAP terdiri dari sejumlah komponen yang membantu kita dalam merangkai rangkaian kompleks dan banyak sebagai contoh, setiap unsur komponen dapat berdiri sendiri, ukuran dan symbol yang ditampilkan menggunakan standar *ANSI* dan *IEC*.

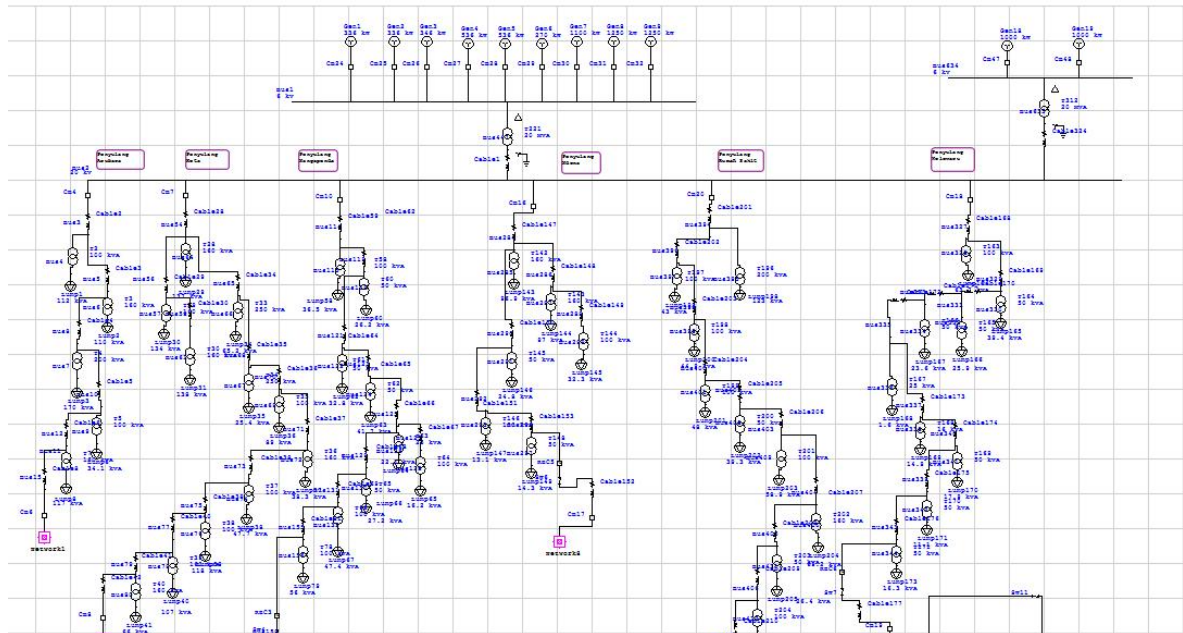


Gambar 3.3 Tampilan Utama pada *software ETAP*



### 3.4. Simulasi Jaringan Distribusi Menggunakan *ETAP*

Untuk mendapatkan nilai dari fakto daya dan tegangan di PLN Ende, terlebih dahulu dibuat gambar simulasi *single-line diagram* menggunakan *software ETAP 12*



Gambar 3.4 *Single Line* Sistem 20 kV Ende menggunakan ETAP

### 3.5. Memasukkan Input Data Pada Gambar *Single-Line*

#### 3.5.1. Memasukkan Input Data generator

Pada skripsi ini menggunakan komponen *generator* pada *ETAP* sebagai komponen sumber tenaga untuk mensuplai jaringan secara keseluruhan. Cara memasukkan datanya adalah seperti terlihat pada tampilan *Synchronous generator editor* pada Gambar 3.5.

Gambar 3.5. Input Data Generator

Cara memasukkan data generator seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.5 adalah klik dua kali pada komponen generator, pada 'Info' pilih 'Swing' kemudian pilih 'Rating' dan yang diinputkan adalah data tegangan sumber, Setelah selesai menginputkan nilai data yang dibutuhkan pada komponen *generator*, klik 'Ok'.

### 3.5.2. Memasukkan Input Data Trafo

Data yang digunakan adalah Kapasitas Trafo (kVA) dan pada G.I. Ende. trafo yang digunakan adalah ini salah satu trafo dengan kapasitas 400 KVA dengan tegangan sisi primer 20 kV dan sisi sekunder 0,38 kV. Cara memasukkan datanya adalah seperti terlihat pada tampilan *Command Windows 2 Winding Transformer* pada Gambar 3.6.

Gambar 3.6. Input Data Trafo

Untuk memasukkan data trafo pada *Command Windows* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.5, klik dua kali pada komponen trafo kemudian pilih 'Rating' lalu isi nilai data tegangan sisi primer dan sekunder, daya, dan klik pada 'Typical X/R' dan 'Typical Z & X/R' untuk memasukkan nilai impedansi trafo. Setelah selesai menginputkan nilai data yang dibutuhkan pada komponen trafo, klik 'Ok'

### 3.5.3. Memasukkan Input Data Saluran

Pada simulai ETAP, komponen yang digunakan sebagai saluran pada jaringan adalah komponen *cable*. Cara memasukkan datanya adalah seperti terlihat pada tampilan *Command Windows Cable* pada Gambar 3.7

Gambar 3.7. Input Data Saluran

Cara memasukkan data ke komponen *Cable* pada *Command Windows* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.7 adalah klik dua kali pada komponen *cable*, pada Menu 'Info' masukkan nilai panjang kabel dalam satuan meter, tentukan jumlah konduktor dalam satu lilitan kabel tersebut, kemudian pilih 'Library' untuk menentukan luas penampang kabel. Setelah selesai memasukkan data pada menu 'Info', selanjutnya pilih menu 'Impedance'. Pada menu 'Impedance', data resistansi dan impedansi kabel secara otomatis akan terisi berdasarkan *setting* pada menu 'Info' seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Setelah nilai resistansi dan impedansi kabel muncul, selanjutnya adalah menentukan nilai-nilai tersebut

untuk diatur ke dalam perbandingan nilai per satuan jarak. Setelah selesai menginputkan nilai data yang dibutuhkan pada komponen *Cable* , klik 'Ok'.

### 3.5.4. Memasukkan Input Data Beban

Pada simulasi ini, komponen yang digunakan sebagai komponen beban adalah komponen *Lumped Load* pada ETAP. Cara memasukkan datanya adalah seperti terlihat pada tampilan *Command Windows Lumped Load* pada Gambar 3.8

The screenshot shows the 'Lumped Load Editor - Lump17' window. The 'Info' tab is active, displaying the following data:

- 84.2 kVA 0.38 kV (80% Motor 20% Static 0% Current)
- Model Type: Unbalanced, Rated kV: 0.38
- Ratings table:
 

	kVA	kW	kvar	% PF	Amp
AB	31	26.332	16.319	85	141.2
BC	23.8	20.215	12.528	85	108.4
CA	29.5	25.045	15.521	85	134.3
- Load Type: Constant kVA: 80%, Constant Z: 20%, Constant I: 0%
- Loading Category table:
 

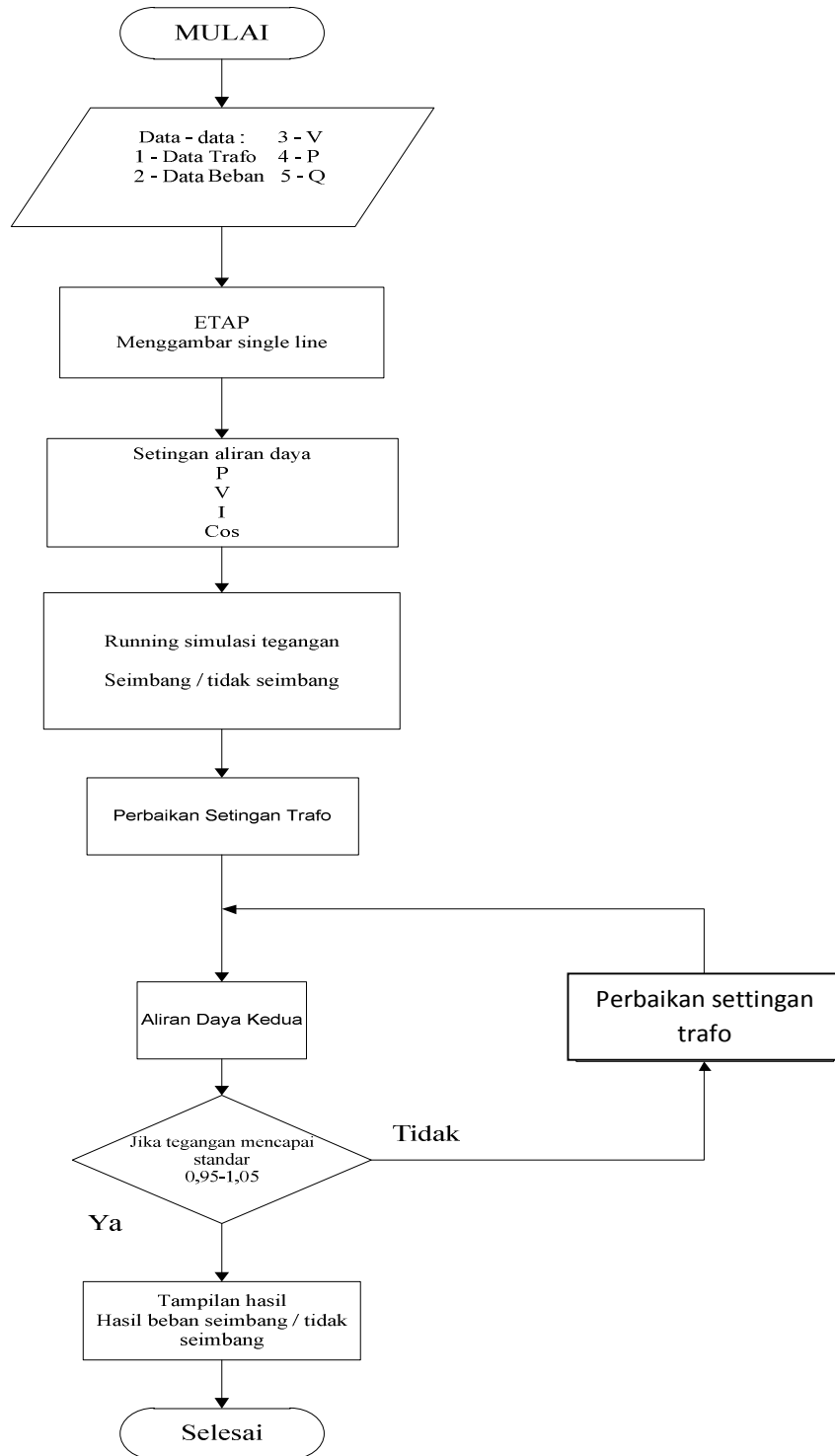
Loading Category	% Loading	Constant kVA		Constant Z		Constant I	
		kW	kvar	kW	kvar	kW	kvar
1. Design	100	57.27	35.49	14.32	8.87	0	0
2. Normal	100	57.27	35.49	14.32	8.87	0	0
3. Brake	0	0	0	0	0	0	0
4. Winter Load	0	0	0	0	0	0	0
5. Summer Load	0	0	0	0	0	0	0
6. FL Reject	0	0	0	0	0	0	0
7. Emergency	0	0	0	0	0	0	0
8. Shutdown	0	0	0	0	0	0	0
- Operating: A (0, 0), B (0, 0), C (0, 0) kW kvar

Gambar 3.8. Input Data Beban

Untuk memasukkan data beban pada *Command Windows Lumped Load* seperti ditunjukkan pada Gambar 3.8, caranya adalah klik dua kali pada komponen *Lumped Load*, pilih menu 'Loading' kemudian masukkan nilai kapasitas trafo dalam bentuk daya semu atau dalam satuan kVa

### 3.6. Flowchart Hasil Simulasi Menggunakan *Software ETAP 12.6.0*

#### 3.6.1. Flowchart Penyelesaian Masalah

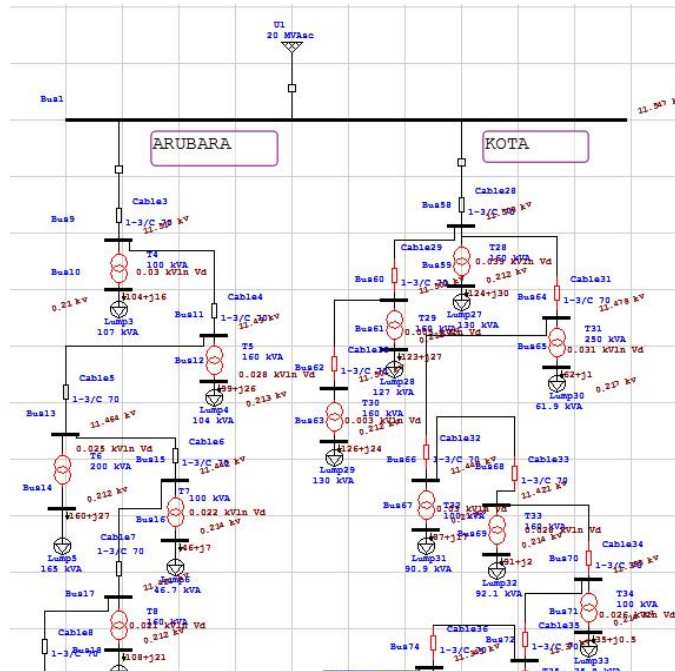


## BAB IV

### ANALISA DAN HASIL

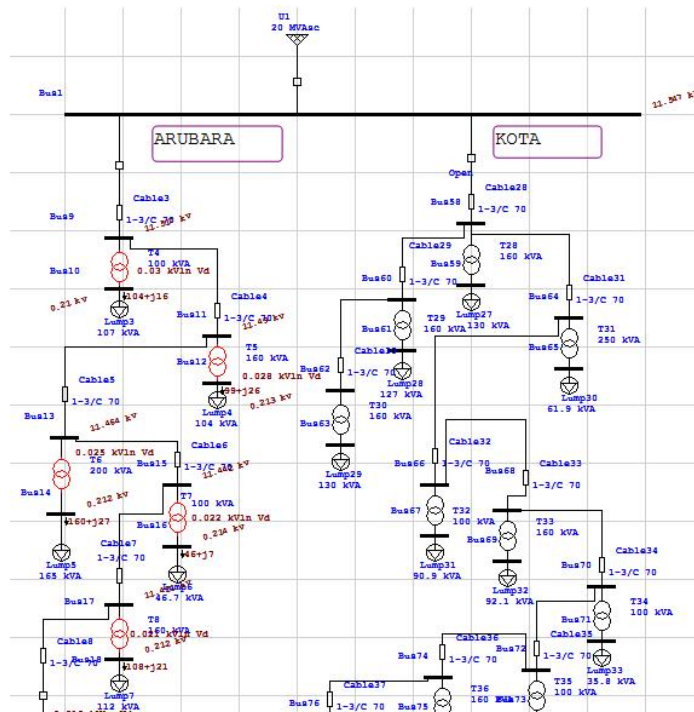
#### 4.1 Analisa Ketidakseimbangan Beban Sebelum Disetting

##### 4.1.1 Analisa Beban Dan Rugi-rugi (Losses) Trafo Sebelum Disetting



Gambar 4.0 analisa ketidakseimbangan beban pada penyulang Arubara dan Kota

## 4.2 Analisa Ketidakseimbangan Beban Pada Penyulang Arubara Sebelum Disetting.



Gambar 4.2 Penyulang Arubara Sebelum Disetting

Tabel 4.2.A. Data losses hasil simulasi trafo penyulang arubara sebelum disetting

CKT / Branch		From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd	Amperes
ID	Phase	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	% Drop	in Buried
Cable3	A	0.505	0.091	-0.504	-0.09	1.3	0.5	100	99.7	0.26	0
	B	0.49	0.097	-0.489	-0.096	1.2	0.4	100	99.7	0.26	0
	C	0.492	0.08	-0.491	-0.08	1.2	0.4	100	99.7	0.25	0
T4	A	0.032	0.006	-0.031	-0.008	1.1	-2	99.7	95.6	4.17	0
	B	0.039	0.006	-0.035	-0.001	4.7	4.9	99.7	96	3.23	0
	C	0.035	0.012	-0.038	-0.007	-2.5	5.2	99.7	95	4.71	0
T5	A	0.036	0.011	-0.035	-0.007	1	3.9	99.5	97.1	2.38	0
	B	0.032	0.012	-0.033	-0.011	-1.4	1.1	99.5	96.7	2.78	0
	C	0.033	0.008	-0.031	-0.008	2.1	0.2	99.5	97.2	2.34	0
T6	A	0.06	0.014	-0.057	-0.004	2.6	9.2	99.3	96.8	2.45	0
	B	0.05	0.016	-0.055	-0.014	-4.3	2.2	99.3	95.9	3.35	0
	C	0.053	0.007	-0.048	-0.008	4.9	-1.2	99.3	96.8	2.46	0
T7	A	0.013	0.002	-0.013	-0.004	-0.1	-1.7	99.1	97.3	1.79	0
	B	0.017	0.001	-0.015	0	2.3	1.5	99.1	97.9	1.25	0
	C	0.016	0.005	-0.017	-0.003	-1.5	2.1	99.1	97.1	1.97	0
T8	A	0.039	0.013	-0.041	-0.007	-1.7	6.7	98.9	96.3	2.58	0
	B	0.032	0.009	-0.033	-0.011	-1.8	-2.4	98.9	96	2.89	0
	C	0.039	0.005	-0.034	-0.003	5.4	1.7	98.9	97.1	1.81	0

Tabel 4.2.B. Tabel Data Bus hasil simulasi trafo penyulang arubara sebelum diseting

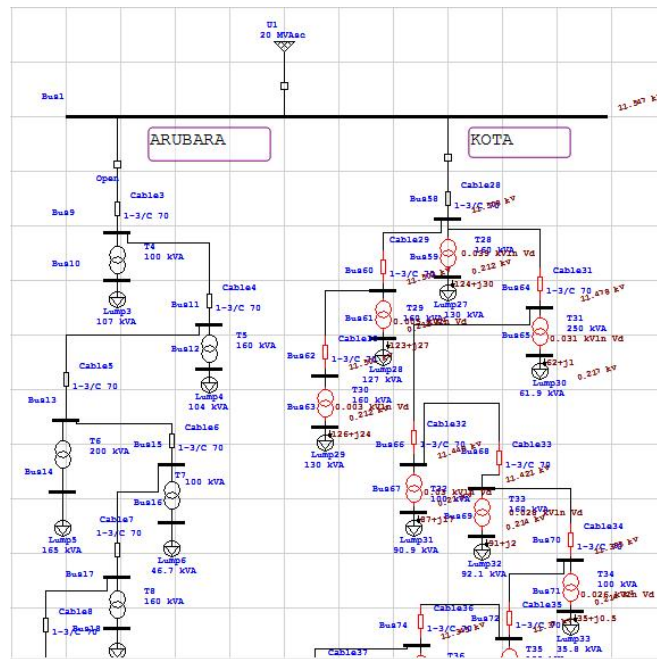
Bus			Bus Load				
ID	kV	Rated Amp					
		Phase	MW	Mvar	MVA	% PF	Amp
Bus1	20	A	0.505	0.091	0.513	98.4	44.5
		B	0.49	0.097	0.5	98.1	43.3
		C	0.492	0.08	0.499	98.7	43.2
Bus9	20	A	0.504	0.09	0.512	98.4	44.5
		B	0.489	0.096	0.498	98.1	43.3
		C	0.491	0.08	0.496	98.7	43.2
Bus10	0.38	A	0.031	0.008	0.032	96.9	152.1
		B	0.035	0.001	0.035	99.9	164.1
		C	0.038	0.007	0.039	98.2	185.1
Bus11	20	A	0.471	0.084	0.478	98.5	41.6
		B	0.448	0.09	0.457	98	39.8
		C	0.455	0.067	0.459	98.9	40
Bus12	0.38	A	0.035	0.007	0.035	97.9	166
		B	0.033	0.011	0.035	95.2	165.3
		C	0.031	0.008	0.032	96.7	150.9
Bus13	20	A	0.434	0.072	0.44	98.6	38.4
		B	0.415	0.078	0.423	98.3	36.9
		C	0.421	0.058	0.425	99	37
Bus14	0.38	A	0.057	0.004	0.058	99.7	270.8
		B	0.055	0.014	0.057	96.9	268.7
		C	0.048	0.008	0.049	98.7	229.8
Bus15	20	A	0.374	0.058	0.378	98.8	33.1
		B	0.364	0.061	0.369	98.6	32.3
		C	0.367	0.051	0.37	99	32.3

Dari tabel 4.2.A. hasil analisa ketidakseimbang beban sebelum melakukan setingan pada penyulang Arubara rugi-rugi daya pada saluran dan trafo untuk daya aktif sebesar 46.8 kW dan daya reaktif sebesar 89.9 kvar. Rugi tegangan untuk Trafo 4 fasa R = 4.17 , S=3.23 dan T=4.71, Trafo 5 fasa R= 2.38, S=2.78 dan T=2.34, Trafo 6 fasa R = 2.45 , S=3.35 dan T=2.46, Trafo 7 fasa R = 1.79 , S=1.24 dan T=1.97, dan Trafo 8 fasa R = 2.58 , S=2.89 dan T=1.81.



### 4.3. Analisa Ketidakseimbangan Beban Pada Penyulang Kota Sebelum diseting

#### 4.3.1. Data Anailsa Beban Penyulang Kota Sebelum Disetting



Gambar 4.2 Penyulang Kota Sebelum Disetting

Tabel 4.3.A Data Bus hasil analisa ketidakseimbang beban sebelum diseting

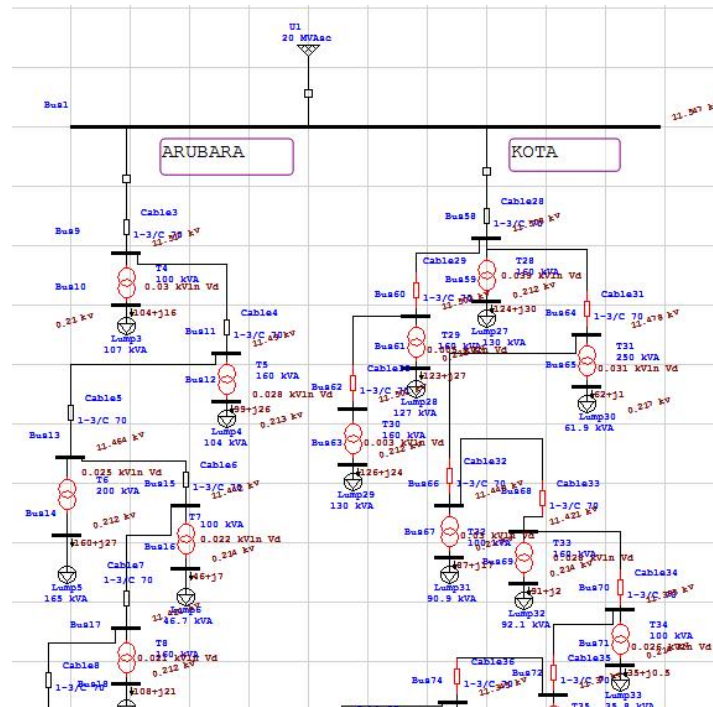
ID	Bus		Bus Load				
	kV	Rated Amp	MW	Mvar	MVA	% PF	Amp
Bus1	20	Phase					
		A	0.638	0.075	0.643	99.3	55.6
		B	0.669	0.071	0.672	99.4	58.2
Bus58	20	C	0.657	0.099	0.665	98.9	57.5
		A	0.636	0.074	0.64	99.3	55.6
		B	0.667	0.07	0.67	99.5	58.2
Bus59	0.38	C	0.665	0.099	0.662	98.9	57.5
		A	0.039	0.007	0.04	98.7	187.6
		B	0.046	0.009	0.047	97.9	219.8
Bus60	20	C	0.039	0.014	0.042	94.5	197.2
		A	0.086	0.013	0.087	98.9	7.6
		B	0.091	0.028	0.096	95.7	8.3
Bus61	0.38	C	0.076	0.025	0.08	95	7
		A	0.038	0.006	0.039	98.9	180.8
		B	0.045	0.008	0.046	98.5	216.3
Bus62	20	C	0.039	0.013	0.041	94.8	195.9
		A	0.043	0.006	0.043	99.1	3.8
		B	0.047	0.013	0.049	96.4	4.2
Bus63	0.38	C	0.039	0.013	0.041	95	3.6
		A	0.038	0.006	0.039	98.8	181.5
		B	0.046	0.005	0.046	99.4	217.5
Bus64	20	C	0.042	0.012	0.044	95.9	207.5
		A	0.504	0.053	0.507	99.5	44.2
		B	0.529	0.025	0.53	99.9	46.2
		C	0.539	0.061	0.543	99.4	47.3

Tabel 4.3.B. data hasil simulasi rugi trafo dan saluran penyulang kota sebelum diseting

CKT / Branch		From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd	Amperes
ID	Phase	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	% Drop in Vmag	in Buried Winding
Cable28	A	0.638	0.075	-0.636	-0.074	2	0.7	100	99.7	0.33	0
	B	0.669	0.071	-0.667	-0.07	2.2	0.8	100	99.7	0.34	0
	C	0.657	0.099	-0.655	-0.099	2.2	0.8	100	99.7	0.34	0
T28	A	0.044	0.009	-0.039	0.007	5	2.3	99.7	97.2	2.52	0
	B	0.044	0.016	-0.046	-0.009	-1.2	6.7	99.7	96.5	3.17	0
	C	0.038	0.012	-0.039	-0.007	-1.3	-1.2	99.7	96.2	3.42	0
T29	A	0.043	-0.007	-0.038	0.006	5.2	1.5	99.6	97.3	2.36	0
	B	0.044	0.015	-0.045	0.008	-0.7	7.2	99.6	96.7	2.94	0
	C	0.037	0.012	-0.039	-0.013	-2	-1.1	99.6	96.3	3.36	0
T30	A	0.043	0.006	-0.038	0.006	4.7	-0.1	99.6	97.2	2.4	0
	B	0.047	0.013	-0.046	0.005	0.9	7.6	99.6	96.9	2.66	0
	C	0.039	0.013	-0.042	-0.012	-3.1	0.4	99.6	96.2	3.4	0
T31	A	0.019	-0.001	-0.018	-0.001	1.3	-1.6	99.4	98.9	0.55	0
	B	0.023	0.001	-0.022	0.002	1.6	2.8	99.4	99	0.41	0
	C	0.02	0.003	-0.022	-0.002	-2.3	1	99.4	98.6	0.78	0
T32	A	0.028	0.007	-0.028	-0.007	0.3	-0.3	99.2	95.4	3.37	0
	B	0.031	0.006	-0.029	-0.004	2.8	2.5	99.1	96	2.1	0
	C	0.03	0.01	-0.031	0.006	-0.7	3.7	99.1	95.3	2.83	0

Dari tabel 4.3.B. hasil analisa ketidakseimbang beban sebelum melakukan setingan pada penyulang kota rugi-rugi daya pada saluran dan trafo untuk daya aktif sebesar 75.2 kW dan daya reaktif sebesar 116.3 kvar. Rugi tegangan untuk Trafo 28 fasa R = 2.52, S=3.17 dan T=3.42, Trafo 29 fasa R= 2.36, S=2.94 dan T=3.36, Trafo 30 fasa R = 2.4 , S=2.66 dan T=3.4, Trafo 31 fasa R = 0.55 , S=0.41 dan T=0.78, dan Trafo 32 fasa R = 3.37 , S=2.1 dan T=2.83.

**4.4. Analisa Ketidakseimbangan Beban Penyulang Arubara, Penyulang Kota Dan Rugi – rugi (Losses) aliran Daya Sebelum Setingan belum mencapai Standar Internasioanal 95 – 100,5 pu.**



Gambar 4.3 analisa ketidakseimbangan beban pada penyulang Arubara dan Kota

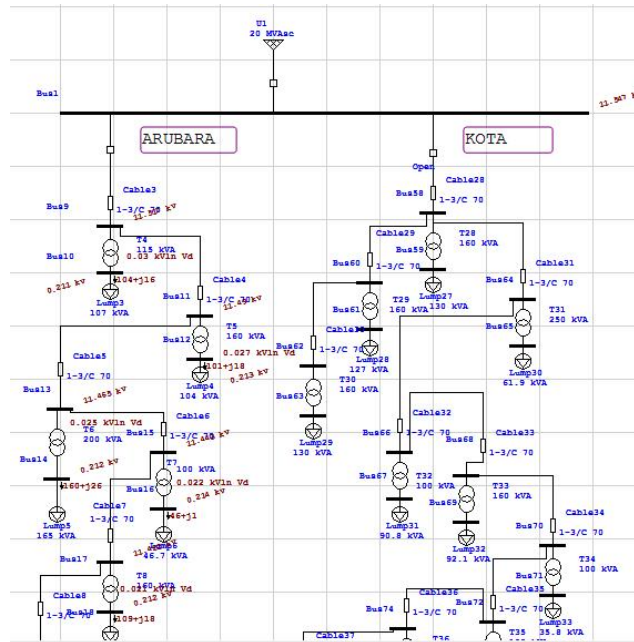
Tabel 4.4.A. Data Hasil Simulasi Load Flow sebelum di seting untuk standar pemakaian

Bus ID	Nominal kV	Type	Voltage
Bus94	20	Load	96.93
Bus95	0.38	Load	94.78
Bus96	20	Load	96.85
Bus97	20	Load	96.78
Bus98	20	Load	96.72
Bus99	20	Load	96.67
Bus100	0.38	Load	94.96
Bus101	0.38	Load	94.4
Bus102	0.38	Load	94.24
Bus103	0.38	Load	96.35
Bus104	20	Load	96.62
Bus105	20	Load	96.58
Bus106	20	Load	96.56
Bus107	20	Load	96.54
Bus108	20	Load	96.54
Bus109	0.38	Load	95.1
Bus110	0.38	Load	95.7
Bus111	0.38	Load	95.46
Bus112	0.38	Load	93.98
Bus113	0.38	Load	94.25

Dari Tabel 4.4.A. hasil load flow untuk yang belum mencapai standar internasional 0.95-100.5 Pu yaitu pada bus 95 = 94.78 v. bus 100= 94.96 v. 101 = 94.4 v. bus 102 = 94.24 v. bus 112 = 93.98 v dan bus 113 = 94.25 v.

## 4.5 Analisa Ketidakseimbangan Beban Pada Penyulang Arubara Sesudah Diseting

### 4.5.1 Analisa Ketidakseimbangan Beban Dan Rugi (*Losses*) Trafo Dan Saluran Sesudah Diseting.



Gambar 4.4 Penyulang Arubara sesudah Disetting

Tabel 4.5.A Data Bus hasil analisa ketidakseimbangan beban sesudah diseting.

Bus			Bus Load				
ID	kV	Rated Amp					
		Phase	MW	Mvar	MVA	% PF	Amp
Bus1	20	A	0.498	0.073	0.503	99	43.6
		B	0.498	0.073	0.503	99	43.6
		C	0.498	0.073	0.503	99	43.6
Bus9	20	A	0.496	0.072	0.502	99	43.6
		B	0.496	0.072	0.502	99	43.6
		C	0.496	0.072	0.502	99	43.6
Bus10	0.38	A	0.035	0.005	0.035	98.9	165.8
		B	0.035	0.005	0.035	98.9	165.8
		C	0.035	0.005	0.035	98.9	165.8
Bus11	20	A	0.46	0.064	0.464	99	40.4
		B	0.46	0.064	0.464	99	40.4
		C	0.46	0.064	0.464	99	40.4
Bus12	0.38	A	0.034	0.006	0.034	98.4	160.6
		B	0.034	0.006	0.034	98.4	160.6
		C	0.034	0.006	0.034	98.4	160.6
Bus13	20	A	0.425	0.056	0.428	99.1	37.4
		B	0.425	0.056	0.428	99.1	37.4
		C	0.425	0.056	0.428	99.1	37.4
Bus14	0.38	A	0.053	0.009	0.054	98.7	225.4
		B	0.053	0.009	0.054	98.7	225.4
		C	0.053	0.009	0.054	98.7	225.4
Bus15	20	A	0.369	0.044	0.372	99.3	32.5
		B	0.369	0.044	0.372	99.3	32.5
		C	0.369	0.044	0.372	99.3	32.5

Tabel Analisa beban tidak seimbang pada penyulang Arubara sesudah diseting nilai power factor dan nilai tiap fasa sudah seimbang. Pf bus 1=99, bus 2=99, bus 9 =98.9, bus 10 = 98.9, bus 11 = 99, Bus 12 = 98.4, bus 13 = 99.1, bus 14 = 98.7, bus 15 = 99.3.

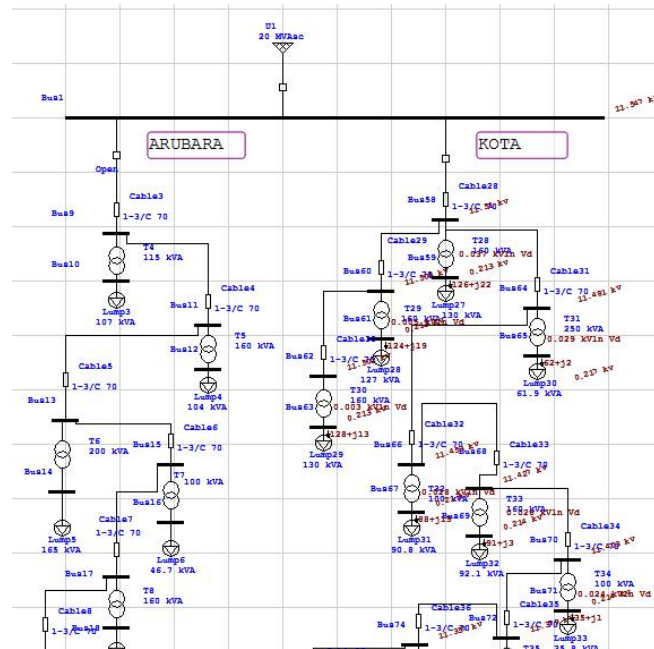
Tabel 4.5.B. data hasil simulasi rugi trafo dan saluran penyulang Arubara sesudah diseting

CKT / Branch		From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd	Amperes
ID	Phase	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	% Drop in Vmag	in Buried Winding
Cable3	A	0.498	0.073	-0.496	-0.072	1.2	0.4	100	99.7	0.26	0
	B	0.498	0.073	-0.496	-0.072	1.2	0.4	100	99.7	0.26	0
	C	0.498	0.073	-0.496	-0.072	1.2	0.4	100	99.7	0.26	0
T4	A	0.036	0.008	-0.035	0.005	0.9	2.3	99.7	96.3	3.42	0
	B	0.036	0.008	-0.035	0.005	0.9	2.3	99.7	96.3	3.42	0
	C	0.036	0.008	-0.035	0.005	0.9	2.3	99.7	96.3	3.42	0
T5	A	0.034	0.008	-0.034	0.006	0.6	1.8	99.5	97.3	2.2	0
	B	0.034	0.008	-0.034	0.006	0.6	1.8	99.5	97.3	2.2	0
	C	0.034	0.008	-0.034	0.006	0.6	1.8	99.5	97.3	2.2	0
T6	A	0.054	0.012	-0.053	-0.009	1.1	3.3	99.3	96.6	2.74	0
	B	0.054	0.012	-0.053	-0.009	1.1	3.3	99.3	96.6	2.74	0
	C	0.054	0.012	-0.053	-0.009	1.1	3.3	99.3	96.6	2.74	0
T7	A	0.016	0.001	-0.015	0	0.2	0.6	99.1	97.7	1.35	0
	B	0.016	0.001	-0.015	0	0.2	0.6	99.1	97.7	1.35	0
	C	0.016	0.001	-0.015	0	0.2	0.6	99.1	97.7	1.35	0
T8	A	0.037	0.008	-0.036	-0.006	0.6	2	98	96.6	2.34	0
	B	0.037	0.008	-0.036	-0.006	0.6	2	98	96.6	2.34	0
	C	0.037	0.008	-0.036	-0.006	0.6	2	98	96.6	2.34	0

Dari tabel 4.5.B. hasil analisa ketidakseimbang beban sesudah melakukan setingan pada penyulang Arubara rugi-rugi daya pada saluran dan trafo untuk daya aktif sebesar 45.5 kW dan daya reaktif sebesar 86.5 kvar. Rugi tegangan untuk Trafo 4 fasa R,S,T = 3.42, Trafo 5 = 2.2. trafo 6 = 2.74. trafo 7 = 1.35 dan trafo 8 = 2.34

#### 4.6. Analisa Ketidakseimbangan Beban Pada Penyulang Kota Sesudah Diseting

##### 4.6.1. Analisa Ketidakseimbangan Beban Dan Rugi (*Losses*) Trafo Dan Saluran Sesudah Diseting



Gambar 4.5 Penyulang Kota sesudah Disetting

Tabel 4.6.A. Data Bus hasil analisa ketidakseimbang beban sesudah diseting.

Bus			Bus Load				
ID	kV	Rated Amp	MW	Mvar	MVA	% PF	Amp
Bus1	20	Phase					
		A	0.635	0.054	0.637	99.6	55.2
		B	0.635	0.054	0.637	99.6	55.2
Bus58	20	C	0.635	0.054	0.637	99.6	55.2
		A	0.633	0.054	0.635	99.6	55.2
		B	0.633	0.054	0.635	99.6	55.2
Bus59	0.38	C	0.633	0.054	0.635	99.6	55.2
		A	0.042	0.007	0.043	98.5	199.8
		B	0.042	0.007	0.043	98.5	199.8
Bus60	20	C	0.042	0.007	0.043	98.5	199.8
		A	0.086	0.016	0.087	98.3	7.6
		B	0.086	0.016	0.087	98.3	7.6
Bus61	0.38	C	0.086	0.016	0.087	98.3	7.6
		A	0.041	0.006	0.042	98.8	196.6
		B	0.041	0.006	0.042	98.8	196.6
Bus62	20	C	0.041	0.006	0.042	98.8	196.6
		A	0.044	0.007	0.044	98.8	3.8
		B	0.044	0.007	0.044	98.8	3.8
Bus63	0.38	C	0.044	0.007	0.044	98.8	3.8
		A	0.043	0.004	0.043	99.5	201.4
		B	0.043	0.004	0.043	99.5	201.4
Bus64	20	C	0.043	0.004	0.043	99.5	201.4
		A	0.503	0.027	0.504	99.9	43.9
		B	0.503	0.027	0.504	99.9	43.9
		C	0.503	0.027	0.504	99.9	43.9

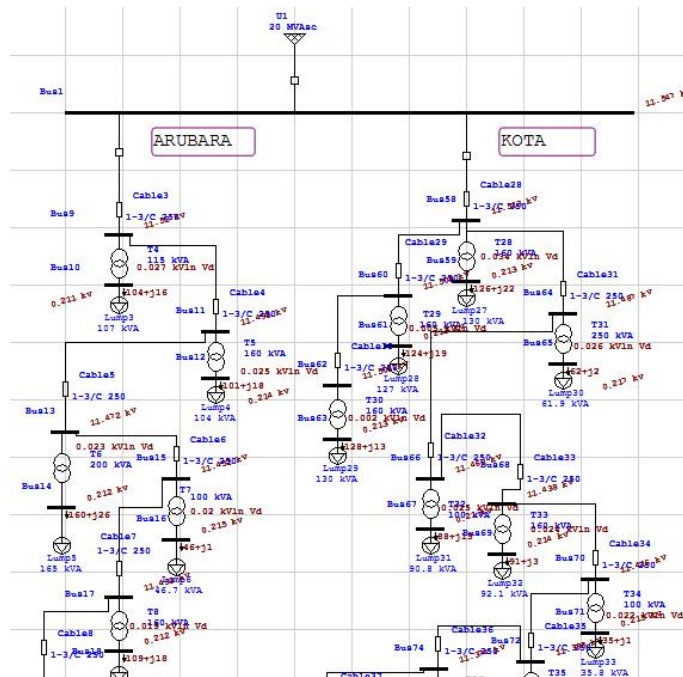
Tabel Analisa beban tidak seimbang pada penyulang Kota sesudah diseting nilai power factor dan nilai tiap fasa sudah seimbang. Pf bus 1=99.6, bus 58=99.6, bus 59 =98.5, bus 60 = 98.3, bus 61 = 98.8, Bus 62 = 98.8, bus 63 = 99.5, bus 64 = 99.9

Tabel 4.6.B data hasil simulasi rugi trafo dan saluran penyulang kota sesudah diseting

CKT / Branch		From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd	Amperes
ID	Phase	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	% Drop in Vmag	in Buried Winding
Cable28	A	0.635	0.054	-0.633	-0.054	2	0.7	100	99.7	0.32	0
	B	0.635	0.054	-0.633	-0.054	2	0.7	100	99.7	0.32	0
	C	0.635	0.054	-0.633	-0.054	2	0.7	100	99.7	0.32	0
T28	A	0.043	0.01	-0.042	-0.007	0.8	2.6	99.7	96.9	2.74	0
	B	0.043	0.01	-0.042	-0.007	0.8	2.6	99.7	96.9	2.74	0
	C	0.043	0.01	-0.042	-0.007	0.8	2.6	99.7	96.9	2.74	0
T29	A	0.042	0.009	-0.041	-0.006	0.8	2.5	99.6	97	2.6	0
	B	0.042	0.009	-0.041	-0.006	0.8	2.5	99.6	97	2.6	0
	C	0.042	0.009	-0.041	-0.006	0.8	2.5	99.6	97	2.6	0
T30	A	0.044	0.007	-0.043	-0.004	0.8	2.6	99.6	97.2	2.39	0
	B	0.044	0.007	-0.043	-0.004	0.8	2.6	99.6	97.2	2.39	0
	C	0.044	0.007	-0.043	-0.004	0.8	2.6	99.6	97.2	2.39	0
T31	A	0.021	0.001	-0.021	-0.001	0.2	0.7	99.4	98.8	0.59	0
	B	0.021	0.001	-0.021	-0.001	0.2	0.7	99.4	98.8	0.59	0
	C	0.021	0.001	-0.021	-0.001	0.2	0.7	99.4	98.8	0.59	0
T32	A	0.03	0.007	-0.029	-0.005	0.8	2	99.2	95.7	3.46	0
	B	0.03	0.007	-0.029	-0.005	0.8	2	99.2	95.7	3.46	0
	C	0.03	0.007	-0.029	-0.005	0.8	2	99.2	95.7	3.46	0

Dari tabel 4.6.B. hasil analisa ketidakseimbangan beban sesudah melakukan setingan pada penyulang kota rugi-rugi daya pada saluran dan trafo untuk daya aktif sebesar 69.4 kW dan daya reaktif sebesar 110.2 kvar. Rugi tegangan untuk Trafo 28 fasa R,S,T = 2.74. Trafo 29 = 2.6, trafo 29 = 2.6, trafo 30 = 2.39, trafo 31 = 0.59, trafo 32 = 3.46.

**4.7 Analisa Ketidakseimbangan Beban Penyulang Arubara, Penyulang Kota Dan Rugi – rugi (Losses) aliran Daya Sesudah Setingan belum mencapai Standar Internasioanal 95 – 100,5 pu.**



Gambar 4.6 analisa ketidakseimbangan beban pada penyulang Arubara dan Kota

Tabel 4.7.A. Data Hasil Simulasi Load Flow sesudah di seting sudah mencapai standar 0.95 – 100.5 Pu.

Bus ID	Nominal kV	Type	Voltage
Bus94	20	Load	97.15
Bus95	0.38	Load	95.14
Bus96	20	Load	97.08
Bus97	20	Load	97
Bus98	20	Load	96.94
Bus99	20	Load	96.9
Bus100	0.38	Load	95.12
Bus101	0.38	Load	95.44
Bus102	0.38	Load	95.28
Bus103	0.38	Load	96.57
Bus104	20	Load	96.85
Bus105	20	Load	96.82
Bus106	20	Load	96.79
Bus107	20	Load	96.78
Bus108	20	Load	96.78
Bus109	0.38	Load	95.3
Bus110	0.38	Load	95.92
Bus111	0.38	Load	95.7
Bus112	0.38	Load	96.22
Bus113	0.38	Load	96.42

Dari Tabel 4.7.A. hasil load flow setelah disetting telah mencapai standar internasional 0.95-100.5 Pu.



#### 4.8 Rugi–rugi(Losses) aliran Daya Penyulang Arubara, Penyulang Kota Dan Sebelum dan Sesudah Setingan

Tabel 4.8.A. Rugi–rugi(Losses) aliran Daya Penyulang Arubara, Penyulang Kota Sebelum dan Sesudah Setingan

PENYULANG	RUGI-RUGI (LOSSES)	SEBELUM	SESUDAH
KOTA	DAYA AKTIF	75.2 Kw	69.4 kw
	DAYA REAKTIF	116.3 Kvar	110.2 Kvar
ARUBARA	DAYA AKTIF	46.8 Kw	45.5 kw
	DAYA REAKTIF	89,9 Kvar	86.5 Kvar

Dari Tabel 4.8.A. Rugi – rugi (Losses) aliran daya penyulang Kota sebelum seting rugi-rugi daya aktif sebesar 75.2 kw dan daya reaktif 116.3 kvar, setelah seting rugi-rugi(losses) daya aktif sebesar 69.4 kw dan daya reaktif 110.2 kvar. Untuk penyulang Arubara sebelum melakukan seting rugi-rugi(losses) daya aktif sebesar 46.8.2 kw dan daya reaktif sebesar 89.9 kvar, setelah seting rugi-rugi(Losses) daya aktif sebesar 45.5 kw dan daya reaktif 86.5 kvar.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 KESIMPULAN**

Dari hasil analisa ketidakseimbangan beban dan beban seimbang yang di lakukan pada trafo distribusi penyulang Arubara dan Penyulang Kota, PLN Ende, Flores, Nusa Tenggara Timur sebagai berikut :

1. Dari hasil analisa ketidakseimbangan beban sebelum melakukan setingan pada beban Penyulang Kota rugi-rugi daya pada saluran dan trafo untuk daya aktif sebesar 75.2 Kw dan daya reaktif sebesar 116.3 Kvar. Dari hasil analisa ketidakseimbangan sesudah melakukan setingan pada Penyulang Kota Rugi-rugi daya pada saluran dan trafo untuk daya aktif sebesar 69.4 kw dan daya reaktif sebesar 110.2 Kvar.
2. Dari hasil analisa ketidakseimbangan beban sebelum melakukan setingan pada beban Penyulang Arubara rugi-rugi daya pada saluran dan trafo untuk daya aktif sebesar 46.8 Kw dan daya reaktif sebesar 89,9 Kvar. Dari hasil analisa ketidakseimbangan sesudah melakukan setingan pada Penyulang Arubara. Rugi-rugi daya pada saluran dan trafo untuk daya aktif sebesar 45.5 kw dan daya reaktif sebesar 86.5 Kvar.

#### **5.2. SARAN**

Dari kesimpulan diatas ditunjukan untuk PLN yang di teliti.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Julius Sentosa, Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses PadaTrafo Distribusi, 2008
- [2] Pillay P, Manyage M. Definitions of voltage unbalance. IEEE Power Eng Rev 2001;50–1.
- [3] James J.Burke, Power Distribution Engineering– Fundamentals And Applications, New York: Marcel Dekker Inc., 1994.
- [4] Jouanne Annette von, Banerjee Basudeb (Ben). Assessment of voltage unbalance. IEEE Trans Power Del 2001;16(4):782–90.
- [5] M. Tavakoli Bina, A. Kashefi, Three-phase unbalance of distribution systems: Complementary analysis and experimental case study
- [6] J. D Glover, M. S Sarma, T.J Overbye, *Power System Analysis*, ThomsonCorporation:4th Edition, 2008
- [7] Abdul Kadir, Transformator,Jakarta :PT. Alex Media Komputindo, 1989
- [9] Abdul Kadir, *Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik*, Jakarta: UI - Press, 2000.
- [10] Sudaryatno Sudirham, Dr., Pengaruh Ketidakseimbangan Arus Terhadap Susut Daya pada saluran, Bandung: ITB, Tim Pelaksana Kerjasama PLN-ITB,1991.
- [11] Joseph E. Fleckenstein, P.E.Calculating Currents in Balanced and Unbalanced Three Phase Circuits, 2013